



Regione Abruzzo
Provincia di L'Aquila
Comune di Tagliacozzo
COMPENSORIO TURISTICO DI MARSIA



"RELAZIONE GEOLOGICA ALLEGATA AL PROGETTO PER I LAVORI DI COSTRUZIONE DELLE RETE FOGNANTE DELLE ACQUE NERE NEL COMPENSORIO TURISTICO DI MARSIA E DI UN FABBRICATO IN MURATURA DA ADIBIRE A LOCALE TECNICO SULLA PART. N. 130 FOGLIO N. 38 DEL COMUNE DI TAGLIACOZZO"

Dott. Geologo

Luca Rubeis

Committente:

**CONSORZIO
STRADALE
PERMANENTE DI
MARSIA**



**RELAZIONE GEOLOGICO TECNICA SULLE INDAGINI, MODELLAZIONE
SISMICA E CARATTERIZZAZIONE DEL VOLUME SIGNIFICATIVO**

NTC 18, R.D. 3267/1923 Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani"

SEDE:
**Sant'Anatolia di Borgorose
(RI)**

DATA DI EMISSIONE:
10/04/2021

CLASSE D'USO DELLA STRUTTURA
II

COORDINATE ED50:
Lat: 42.066868° Lon: 13.193723°

TIMBRO E FIRMA:

IL PROGETTISTA:

FIRMA DIGITALE:

REV 00

Questo documento è proprietà di Rubeis Luca. A termine di legge si riserva la proibizione di riprodurlo o trasferirlo a terzi senza l'autorizzazione scritta.

GEOL. RUBEIS LUCA

DOTT. GEOL. LUCA RUBEIS
VIA EQUICOLA COMUNALE, 75 - 02021
SANT'ANATOLIA, BORGOROSE (RI)
TEL. 349 77 41 239
E-MAIL: RUBEIS.LUCA@GMAIL.COM
P.E.C.: LUCA.RUBEIS@PEC.GEOLOGILAZIO.IT
P.I.: 01143070579
C.F.: RBSLCU83L19A515C

INDICE

1	PREMESSA E PIANO D'INDAGINE	3
2	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E RIFERIMENTI CARTOGRAFICI	6
3	ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO	8
3.1	INQUADRAMENTO GEOLOGICO DI DETTAGLIO	11
4	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	13
4.1	PAI PIANO D'ASSETTO IDROGEOLOGICO	15
4.2	VINCOLO IDROGEOLOGICO	16
5	ASSETTO IDROGEOLOGICO	17
6	SISMICITÀ E PERICOLOSITÀ SISMICA	19
6.1	INQUADRAMENTO SISMOTETTONICO	21
6.2	SISMICITÀ STORICA	22
27	INDAGINI IN SITU	25
7.1	PROVE SISMICHE DI TIPO MASW (Multichannel Analysis Of Surface Waves)	26
7.2	PROVE PENETROMETRICHE DPSH (Dynamic Probing Super Heavy)	30
7.3	MISURA DI RUMORE AMBIENTALE:	33
8	AZIONI SISMICHE DI PROGETTO	37
9	STRATIGRAFIA DEL SOTTOSUOLO E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	39
10	CONCLUSIONI	40
11	ALLEGATI	42

1 PREMESSA E PIANO D'INDAGINE

Facendo seguito all'incarico conferitomi dal Consorzio Stradale Permanente di Marsia, con la presente relazione si riferisce sui risultati delle indagini geognostiche e sismiche espletate nella proprietà della committenza, sita in Via del Belvedere, 67069 Tagliacozzo (AQ), località Marsia, nel territorio comunale di Tagliacozzo (AQ), dove sono in progetto **LAVORI DI COSTRUZIONE DELLE RETE FOGNANTE DELLE ACQUE NERE E DI UN FABBRICATO IN MURATURA DA ADIBIRE A LOCALE TECNICO.**

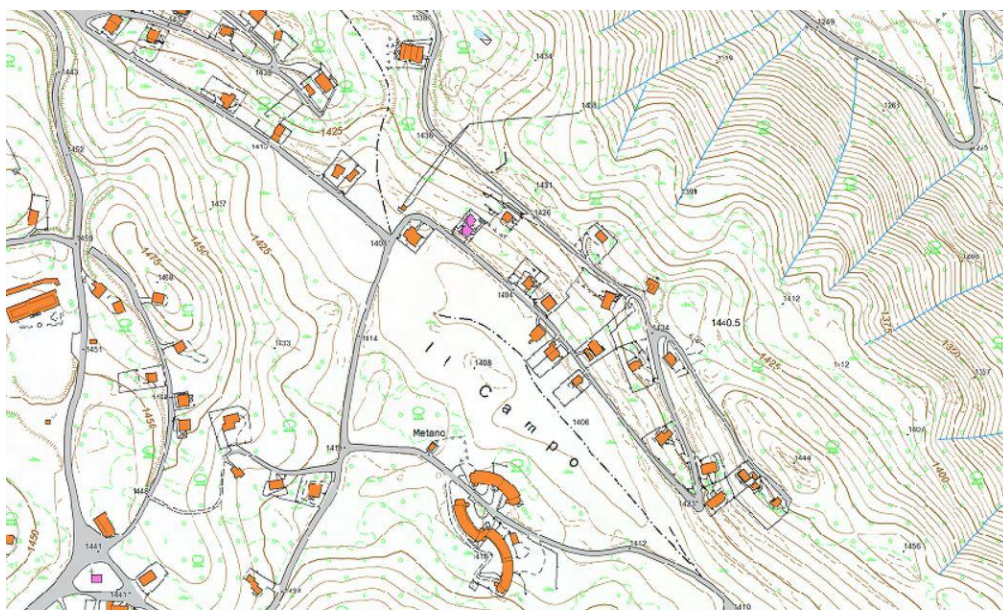


Figura 1: Ubicazione del lotto relativo all'opera d'interesse. https://cstzulmona.regione.abruzzo.it/sit/map_default.phtml?config=tagliacozzo

Lo studio geologico è stato eseguito conformemente alle vigenti normative sulle **costruzioni in zona sismica** ed ha tenuto in considerazione la presenza nell'areale d'indagine, del VINCOLO IDROGEOLOGICO istituito co R.D. 3267/1923.

- **R.D.L. 3267/23** "Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani"
- **R.D. 1126/26** "Approvazione del regolamento... in materia di boschi e di terreni montani"
- **D.M. 11/03/1988** (Indagini sui terreni e sulle rocce [...])
- **L. 183/89** "Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo"
- **L. 394/91** "Legge quadro sulle aree protette"
- **D.P.R 380/01**
- **O.P.C.M. n.3274/03**
- **O.P.C.M. n.3519/06**
- **D.Lgs. 42/2004** "Codice dei beni culturali e del paesaggio..."
- **D.M. 17/01/2018** (Norme tecniche per le costruzioni)

Il **R.D.L. 30.12.1923 n° 3267**, tuttora in vigore, dal titolo: "*Riordinamento e riforma in materia di boschi e terreni montani*" sottopone a "vincolo per scopi idrogeologici i terreni di qualsiasi natura e destinazione che, per effetto di forme di utilizzazione contrastanti con le norme di cui agli artt. 7,8 e 9 (articoli che riguardano dissodamenti, cambiamenti di coltura ed esercizio del pascolo), possono con danno pubblico subire denudazioni, perdere la stabilità o turbare il regime delle acque"

Lo scopo principale del Vincolo Idrogeologico è quello di preservare l'ambiente fisico e quindi di garantire che tutti gli interventi che vanno ad interagire con il territorio non compromettano la stabilità dello stesso, né inneschino fenomeni erosivi, ecc., con possibilità di danno pubblico, specialmente nelle aree collinari e montane.

Il Vincolo Idrogeologico in generale non preclude la possibilità di intervenire sul territorio, ma segue l'integrazione dell'opera con il territorio. Un territorio che deve rimanere integro e fruibile anche dopo l'azione dell'uomo, rispettando allo stesso tempo i valori paesaggistici dell'ambiente.

Pertanto in ottemperanza alla Legge 183/1989 è stata redatta una relazione geologica, con particolare attenzione all'aspetto geomorfologico e idrogeologico, a supporto della richiesta di nulla osta per il vincolo idrogeologico presente nella zona in oggetto. A tal fine è stata fatta un'accurata ricerca bibliografica, supportata da un rilevamento geologico, idrogeologico e geomorfologico, allo scopo di individuare e descrivere le litologie presenti, e monitorare i possibili fenomeni morfodinamici presenti.

Le indagini pianificate ed eseguite nel sottosuolo del sito di progetto, sono state mirate ad acquisire tutti gli elementi necessari ad una corretta caratterizzazione geologica, geotecnica sismica ed idrogeologica dei terreni di fondazione.

La campagna d'indagini ha tenuto in dovuta considerazione i seguenti elementi:

- **Il Comune di Tagliacozzo (AQ) è un territorio a media pericolosità sismica (classificato in **Zona Sismica 2** O.P.C.M. n.3274/03).**

Pertanto le indagini realizzate sono state le seguenti:

- **n.1** prova penetrometrica superpesante DPSH (Dinamic Probing Super Heavy; DPSH) terebrata sino al rifiuto strumentale;
- **n. 1** misura di rumore ambientale tramite prova HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio);

➤ **n.1 prova sismica di tipo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves;**

Tutte le succitate prove ed indagini sono state ubicate all'interno del sito nel quale è prevista la realizzazione dell'opera come è possibile verificare nell'allegata planimetria ubicativa delle indagini.

Si è inoltre provveduto alla:

- **verifica dell'assenza di situazioni di rischio geologico (rischio frana e rischio idraulico così come perimetrati dal Distretto Idrografico dell'Appennino Centrale nel Piano stralcio per l'assetto idrogeologico – PSAI; L. n.226 del 13 luglio 1999 e L. n.365 dell'11 dicembre 2000 - Autorità di Bacino del Fiume Tevere).**
- **Verifica tramite il "GeoPortaleRegione Abruzzo" <http://geoportale.regione.abruzzo.it/Cartanet/> come l'area di progetto ricade nelle aree perimetrata a Vincolo Idrogeologico;**
- **Verifica situazioni di rischio tramite la Cartografia allegata al Progetto di Microzonazione sismica di I Livello;**
- **Assenza di dissesti franosi Catalogo IFFI e CEDIT;**
- **L'area si presenta mediamente acclive <15°;**
- **Presenza nelle vicinanze del sito "circa 1000 metri" di aree a rischio sinkhole;**
- **Assenza di rischio alluvionamento, assenza di rischio impaludamento.**
- **assenza del RISCHIO LIQUEFAZIONE.**

2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E RIFERIMENTI CARTOGRAFICI

Il sito di studio, è ubicato all'interno del territorio comunale di Tagliacozzo (AQ). Nella frazione di Marsia. L'area è posta ad una quota di 1404 metri s.l.m. Nella porzione Nord Occidentale della dorsale carbonatica dei Monti Simbruini.

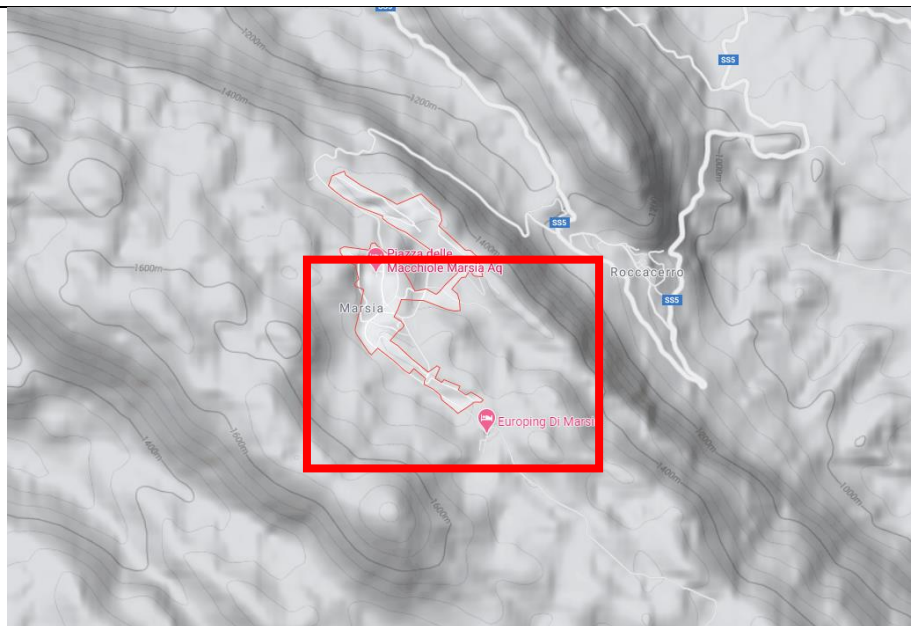


Figura 2: Ortofoto satellitare con profilo topografico dell'area



CATEGORIA	CATEGORIA TOPOGRAFICA
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Tabella 1: Categorie topografiche NTC18

Il sito è identificabile nella seguente Cartografia Ufficiale dello Stato e della Regione Abruzzo:

- **Coordinate WGS84 33N:** Lat: 42.065887° Lon: 13.192810°
- **Coordinate ED50:** Lat: 42.066868° Lon: 13.193723°
- **Carta Tecnica Regionale in scala 1:5000 Foglio 367113**
- **Carta Topografica IGM 1:25000 Tavoleta 367_Est**
- **Carta Tecnica Regionale in scala 1:10000 foglio 367110**
- **Catasto, Foglio 38 particella 130 – Comune di Tagliacozzo (AQ)**

Per una migliore collocazione dell'Area interessata dall'intervento si è fatto uso della **CTR Regione Abruzzo in Scala 1:5000 Foglio 367113** sovrapposta ad una immagine satellitare. La sovrapposizione, è stata realizzata in ambiente GIS. Si riporta uno stralcio di seguito.



Figura 3 Stralcio non in scala della CTR Regione Abruzzo in Scala 1:5000 Foglio 367113.

3 ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

L'area in esame ricade all'interno della Carta Geologica d'Italia in Scala 1:50000 Foglio 357 Tagliacozzo, (progetto CARG) in quello che era il Dominio di Piattaforma Carbonatica Laziale-Abruzzese.

In quest'area, a partire dal Lias, Giurassico inf., i movimenti estensionali legati al rift Tetideo, determinarono la fratturazione della Piattaforma Carbonatica che fino ad allora aveva compreso quello che in seguito diventò dominio Umbro-Marchigiano, tramite l'allineamento tettonico noto come Linea Olevano – Antrodoco – (Posta -Ancona-Anzio). Una delle caratteristiche peculiari delle successioni di piattaforma Laziale-Abruzzese è che nella maggior parte dei casi si ha l'assenza di sedimenti del Paleogene che corrisponde ad uno "iatus" deposizionale di circa 40 milioni di anni. (Note illustrative del F°367 Tagliacozzo S.G.I.). Di norma infatti i calcari miocenici poggiano in perfetta "paraconcordanza con marcata stilizzazione" su termini del Cretacico sup. (Brandano, 2002).

Le differenze tra piattaforma e bacino che caratterizzano il periodo Giurassico-Miocene in quest'area tendono ad esaurirsi nel Miocene medio con la deposizione dei Calcari a Briozoi e Litotamni (Langhiano p.p. – Serravalliano), questi infatti chiudono le sequenze deposizionali pre-terrigene sia nella piattaforma che nel bacino, anche se con facies diverse (Formazione di Guadagnolo), testimoniando l'instaurarsi di una rampa omoclinale progradante verso W.

L'annegamento della piattaforma avviene al top del Miocene medio con l'inizio della sedimentazione emipelagica delle Marne a Orbulina (Serravalliano p.p. – Messiniano inf.). Questi sedimenti emipelagici, sono costituiti prevalentemente da marne e da marne argillose a foraminiferi planctonici, drappeggiano la successione carbonatica della piattaforma miocenica laziale-abruzzese.

Il passaggio litologico Calcari a Briozoi e Litotamni - Marne a Orbulina è ben identificabile per la presenza di un Hard-Ground conseguente all'iniziale flessione dell'avanpaese dovuta all'avanzamento della catena, infatti a partire dal Messiniano, quest'area viene pienamente coinvolta nella fase compressiva Appenninica con la formazione di sistemi a pieghe e sovrascorrimenti a prevalente direzione NW-SE e generale direzione di trasporto verso NE.

Nel regime tettonico compressivo la deformazione procede, con una determinata vergenza conseguente alla regionale distribuzione degli sforzi. In tale ottica si sviluppa ed evolve un sistema orogenico (sistema catena-avanfossa-avanpaese) costituito da una fascia deformata (catena), da un bacino sedimentario caratterizzato da un'elevata subsidenza, ubicato a ridosso della porzione frontale della catena (avanfossa) e, al di là di questo bacino, da una zona crostale non ancora interessata da deformazione (avanpaese). Così come riportato nella figura che segue.

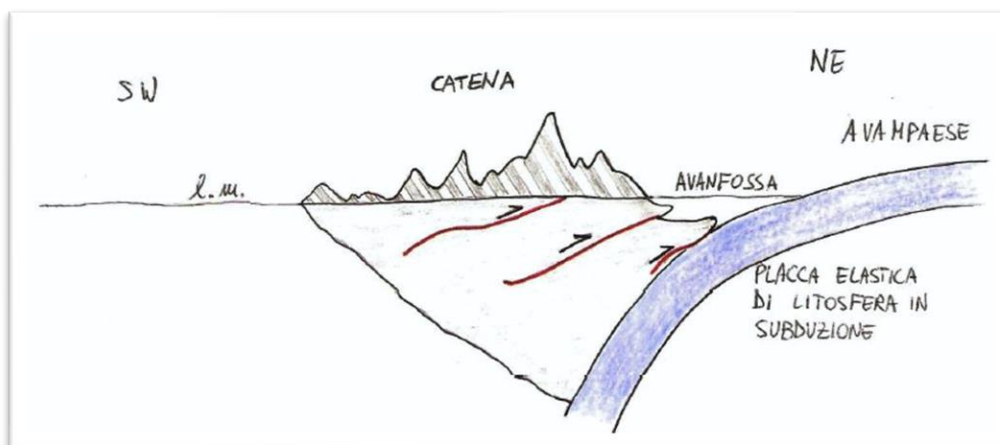


Figura 4: Schema del sistema Catena-Avanfossa-Avanpaese tratto da Guida Geologica Regionale Lazio.

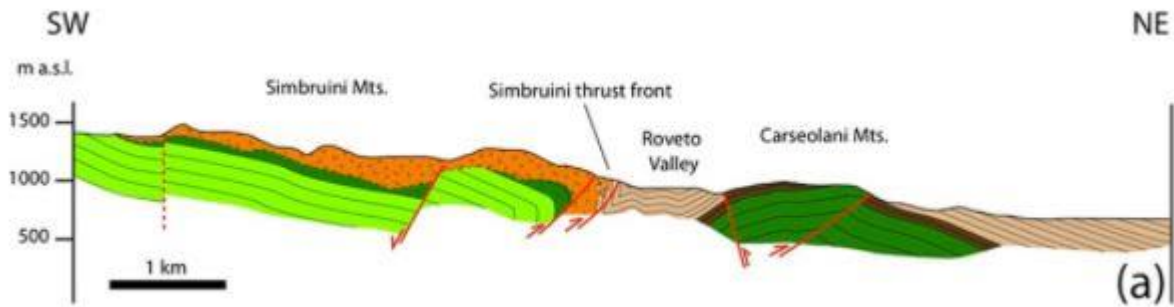


Figura 5: Sezione Stratigrafica Dei Monti Simbruini E Carseolani Simone Fabbi (2018) Geology Of The Eastern Slopes Of The Simbruini Mts. Between Verrecchie And Capistrello (Central Apennines – Abruzzo, Italy), Journal Of Maps, 14:2, 435-446, Doi: 10.1080/17445647.2018.1483843

Nell'avanfossa, ubicata tra la catena e l'avanpaese, si depongono ingenti spessori di sedimenti torbiditici silicoclastici, derivanti dallo smantellamento del nucleo metamorfico della dorsale alpina. I depositi torbiditici dell'Appennino, mostrano una migrazione nel tempo verso il settore orientale della penisola.

In pratica quello che si è osservato è l'età progressivamente più giovane dei depositi di avanfossa progredendo dai settori più occidentali verso quelli più orientali (Note illustrative CARG Foglio 359 L'Aquila).

Successivamente, il tutto è stato complicato dall'instaurarsi di un regime estensionale dovuto all'apertura del Bacino di retroarco Tirrenico. Infatti, dal Pliocene inferiore fino ad oggi, la catena appenninica ha subito un sollevamento fino a raggiungere condizioni subaeree, che hanno favorito il processo di erosione del substrato roccioso (rocce carbonatiche e flyschoidi) (Galadini et al., 2003). Il sollevamento è avvenuto contemporaneamente allo sviluppo di faglie estensionali, le quali hanno iniziato a disarticolare e smembrare il substrato roccioso. L'attività delle faglie estensionali ha generato numerose depressioni di origine tettonica (piane di Rieti, Sulmona, L'Aquila, Isernia, Sora ecc.), tra cui la piana del Fucino. Queste depressioni si sono formate in corrispondenza delle porzioni di substrato che venivano progressivamente ribassate dal movimento delle faglie. In questo modo i sedimenti provenienti dall'erosione del substrato roccioso affiorante andavano a riempire le depressioni tettoniche. La deposizione di tali sedimenti avveniva principalmente in ambiente palustre e/o lacustre o lungo i versanti dei rilievi carbonatici. Questo processo, tuttora attivo, è il responsabile della sismicità storica e recente di tutta l'area abruzzese (Galli et al., 2008).

Le strutture compressive della catena, sono dunque dislocate dalle deformazioni distensive. Queste come detto hanno agito a partire dal Pliocene superiore, almeno nei settori occidentali, e sono perdurate per tutto il Quaternario.

La stratigrafia dell'area di studio, rispecchia essenzialmente l'evoluzione della piattaforma carbonatica Laziale Abruzzese che ha ospitato la sedimentazione di acque poco profonde dal tardo Triassico al Miocene Medio. Dal tardo Miocene, l'area è stata interessata dalla costruzione della catena appenninica il che ha portato ad un drastico cambiamento della tipologia di sedimenti, passando da sedimentazione carbonatica a sedimentazione silicoclastica ed in fine con il sollevamento della catena alla fine del Messiniano, inizio del Pliocene, ad una sedimentazione prettamente di tipo continentale.

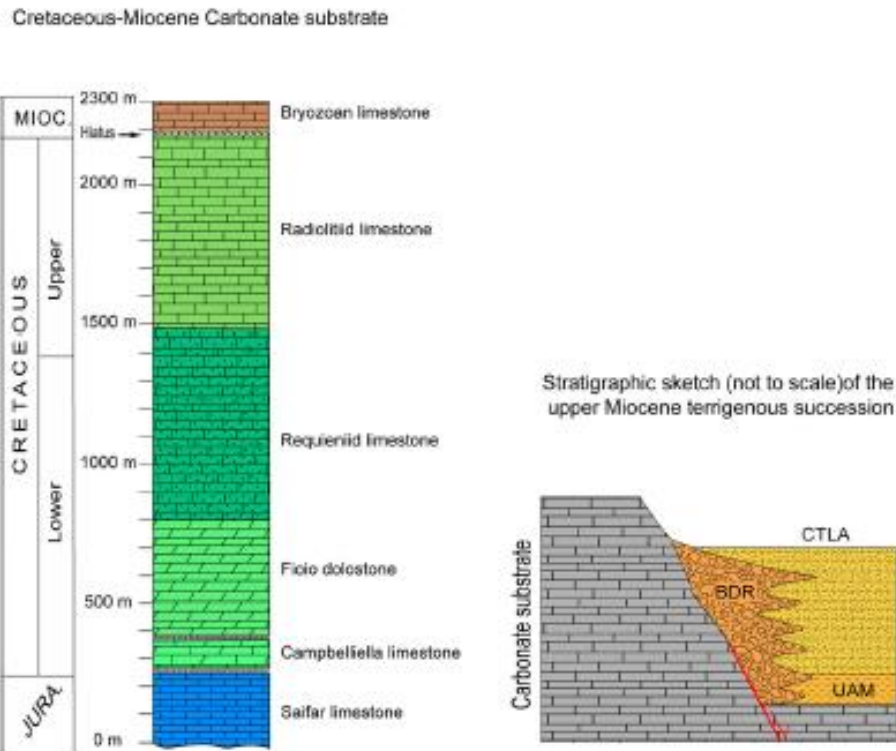
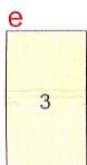
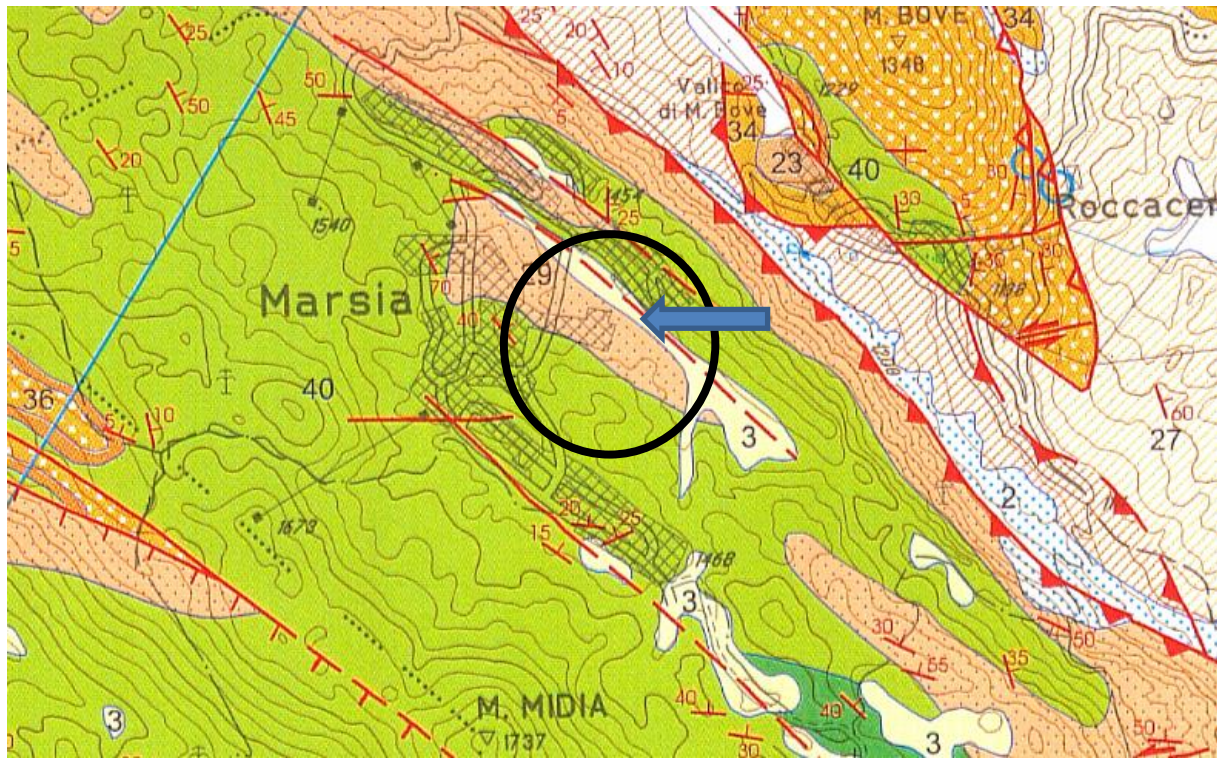


Figura 6: Stratigrafia dell'area di studio: UAM = "unità argilloso marnosa"; BDR = "brecce della Renga fm."; CTLA = "complesso torbiditico Alto-miocenico Laziale-Abruzzese". Modificato dopo Fabbi e Rossi (2014) e Fabbi (2016).

Come detto nel tardo Miocene la Piattaforma carbonatica Laziale Abruzzese viene coinvolta nella costruzione della catena appenninica che ha determinato il passaggio da sedimentazione carbonatica, ad emipelagica con le "Marne ad Orbulina" per poi passare alla silicoclastica con la deposizione dei flussi torbiditici.

3.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO DI DETTAGLIO

Per entrare maggiormente nel dettaglio dei litotipi affioranti nel settore d'indagine, si riporta uno stralcio della cartografia esistente: "Carta Geologica d'Italia" in Scala 1:50.000, Foglio 367 TAGLIACOZZO (Progetto CARG).

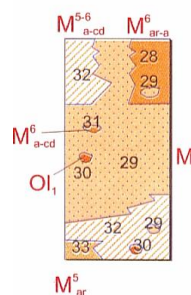


Depositi colluviali ed eluviali, talvolta misti a detrito e a vulcaniti rimaneggiate.

Alternanze arenaceo-ruditiche: arenarie e peliti in associazione analoga a M^6_{33} con breccie-areniti in strati sottili e medi, talvolta gradati, e con calcareniti gradate e laminate. *Biozona a Globorotalia conomiozea e Biozona CN 9b.* (M^6_{ar-a} /28).

Brecce s.s.: breccie clasto-sostenute, disorganizzate, da massive a grossolanamente stratificate, con clasti della serie locale, ed associate calciliti; raramente si rinvencono olistoliti decametrici, prevalentemente di M^{3-4} (OI/30), verso l'alto breccie-areniti in strati medi, lentiformi, localmente (F.te della Maddalena) con clasti anche embriciati e con rari clasti di selce. Nella Val Roveto sono intercalate, in banchi spessi e molto spessi, a M^6_{ar-a} , mentre a Colli di M. Bove sono intercalate, in lenti molto spesse, a M^{5-6}_{a-cd} ($M^{5-6}/29$).

Nelle breccie sono presenti intercalazioni di peliti e di calcareniti gradate, riferibili alla *Biozona CN 9b.* (M^6_{a-cd} /31).



Alternanze pelitico-arenitico-ruditiche: d) peliti con intercalazioni di breccie, areniti e calcareniti bioclastiche laminate (Pereto-Campolungo - *Biozona CN 9b*); c) breccie-areniti in strati sottili e medi, spesso con gradazione diretta e laminazione piano-parallela ed incrociata, con bioclasti (briozoi, echinoidi, lamellibranchi), alternate a peliti e a subordinate sottili arenarie, con olistoliti di M^{3-4} (OI/14) (Colli di M. Bove - *Biozona CN 9a equivalente*); b) peliti e calcareniti a laminazione incrociata e piano-parallela, con subordinate siltiti e arenarie fini (Colli di M. Bove - *Biozona CN 8 equivalente*); a) alternanze pelitico-ruditiche con olistoliti di M^{3-4} (OI/30) (S. Martino - *Biozona CN 7*). (M^{5-6}_{a-cd} /32). Alla sublitofacies a) sono associati spessi banchi di arenarie (M^6_{ar} /33).

Brecce della Renga
TORTONIANO - MESSINIANO p.p.

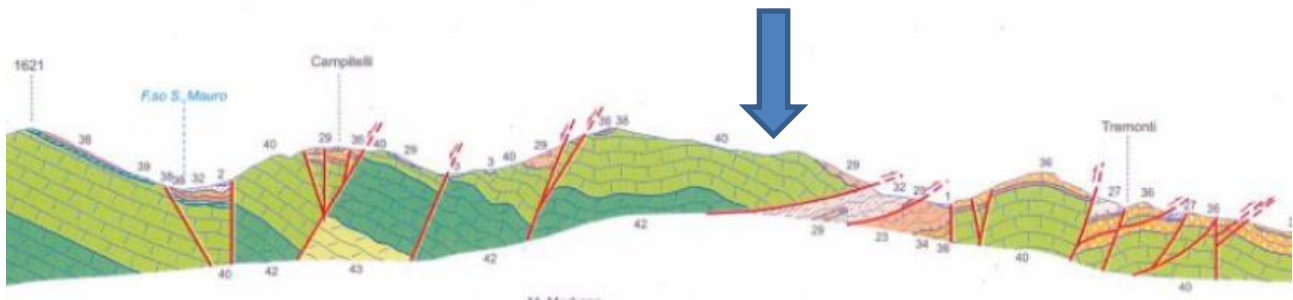


Figura 7: Stralcio della Carta Geologica d'Italia in Scala 1:50.000 Foglio 367 "TAGLIACOZZO" e sezione geologica. Progetto CARG.

Si riporta in seguito una breve descrizione delle principali litologie affioranti nell'area:

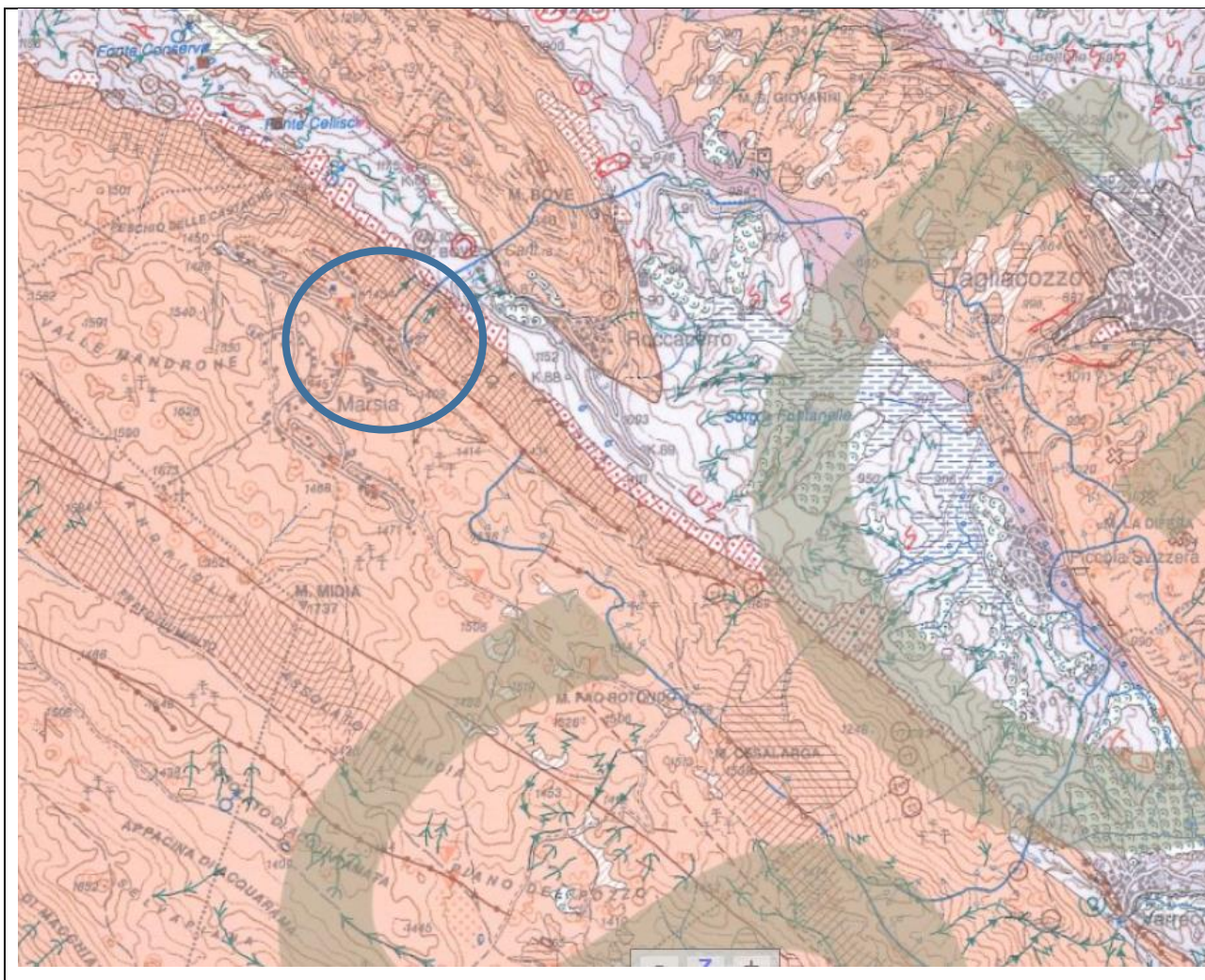
- **Unità arenaceo-pelitica del Liri – Tagliacozzo:** associazione arenaceo-pelitica costituita da torbiditi prevalentemente arenacee, in strati molto spessi e massicci, con rare intercalazioni di litofacies arenaceo-pelitiche e pelitico-arenacee in strati sottili e molto sottili. MESSINIANO p.p.
- **Calcarei a radiolitidi:** calcari e subordinati calcari dolomitici e dolomie, di colore biancastro a marroncino, in strati da sottili a spessi, generalmente con scarsa organizzazione interna, con abbondanti rudiste/radiolitidi, di prevalente ambiente subtidale. Spessore variabile tra i 100 m (M. Val di Varri, M.gne della Duchessa) e 600 m (M.ti Simbruini). TURONIANO-CAMPANIANO p.p.
- **Calcarei a requienidi con paleocarsismo:** calcari, calcari dolomitici e dolomie bianco-rosati a requienidi, con paleocarsismo diffuso, in strati da sottili a medi; sono presenti: cicli peritidali con laminiti criptalgali, sottili argilliti verdastre, spesso intervalli di dolomie nodulari rosa-verdastre con breccie ad intraclasti a spigoli vivi. Localmente (versante NE di M. Val di Varri) grosse paleocavità di dissoluzione, con crostoni ossidati, talvolta riempite da depositi di crollo e tasche bauxitiche (M. della Maddalena, M.gne della Duchessa). Spessore massimo circa 200 m. ALBIANO p.p. – CENOMANIANO
- **Calcarei a requienidi:** calcari e calcari dolomitici a requienidi, di colore da biancastro a marroncino, in strati da sottili a media, talora con sottili intercalazioni di argilliti verdastre; a M. Faito, alla base, dolomie in strati spessi, in eteropia con calcari avana-nocciola in strati da sottili a medi, Nei M.ti Simbruini sono presenti: cicli peritidali a luoghi contenenti livelli ad intraclasti piatti, laminiti criptalgali, breccie intraformazionali, livelli con laminazione piano-parallela ed incrociata a festoni; al tetto sono presenti dolomie, anche brecciate, con tracce di paleocarsismo, tra cui crostoni arrossati e piccole figure di dissoluzione. Spessore massimo di circa 600 m. APTIANO – CENOMANIANO
- **Calcarei ciclotemici a gasteropodi:** calcari biancastri, talora dolomitici, in strati medi, caratterizzati da cicli peritidali con rari intervalli supratidali. Sono presenti laminiti criptalgali e sottili livelli oolitici, con gasteropodi ed alghe. Spessore affiorante fino a 500. BERRIASIANO – BARREMIANO

Il settore di indagine è caratterizzato dalla presenza di coltri eluvio colluviali d'alterazione dei calcari circostanti TERRE ROSSE, LE QUALI POGGIANO DIRETTAMENTE SUL BEDROCK SIMICO E GEOLOGICO rappresentato dai Calcarei a radiolitidi e dall'Associazione arenaceo – pelitica dell'unità del Liri-Tagliacozzo.

4 ASSETTO GEOMORFOLOGICO

Le forme attuali, che caratterizzano l'area in esame, sono legate ad un'ampia gamma di fattori morfogenetici; oltre alle forme tettoniche e strutturali, quelle che più caratterizzano il paesaggio sono di versante dovute alla gravità e quelle dovute alle acque correnti superficiali. Le forme glaciali e crionivali caratterizzano i rilievi circostanti. Le forme di versante dovute alla gravità sono riferibili a falde e coni di detrito, oltre che a fenomeni franosi di diversa tipologia e dimensione. I primi coprono vaste aree alla base dei versanti carbonatici e sono in gran parte legati alla degradazione dei versanti durante le fasi fredde pleistoceniche. (D'Alessandro et alii 2007).

L'area in studio sorge a circa 1404 m s.l.m. in una vasta area valliva, sub-pianeggiante, denominata "Il Campo" a ridosso del versante SW della dorsale a sud di M. Bove, il quale è caratterizzato da rocce prevalentemente calcaree. Dalla consultazione del Foglio 367 "TAGLIACOZZO" della Carta Geomorfologica d'Italia, scala 1:50.000, si evidenzia nelle vicinanze una fascia caratterizzata da versanti di faglia con indizi di riattivazione tettonica quaternaria. Lungo la dorsale dei Monti Carseolani ed a sud lungo quella dei Monti Simbruini, l'ambiente predominante è quello carsico caratterizzato da Karren, Sinkhole, ed inghiottitoi.



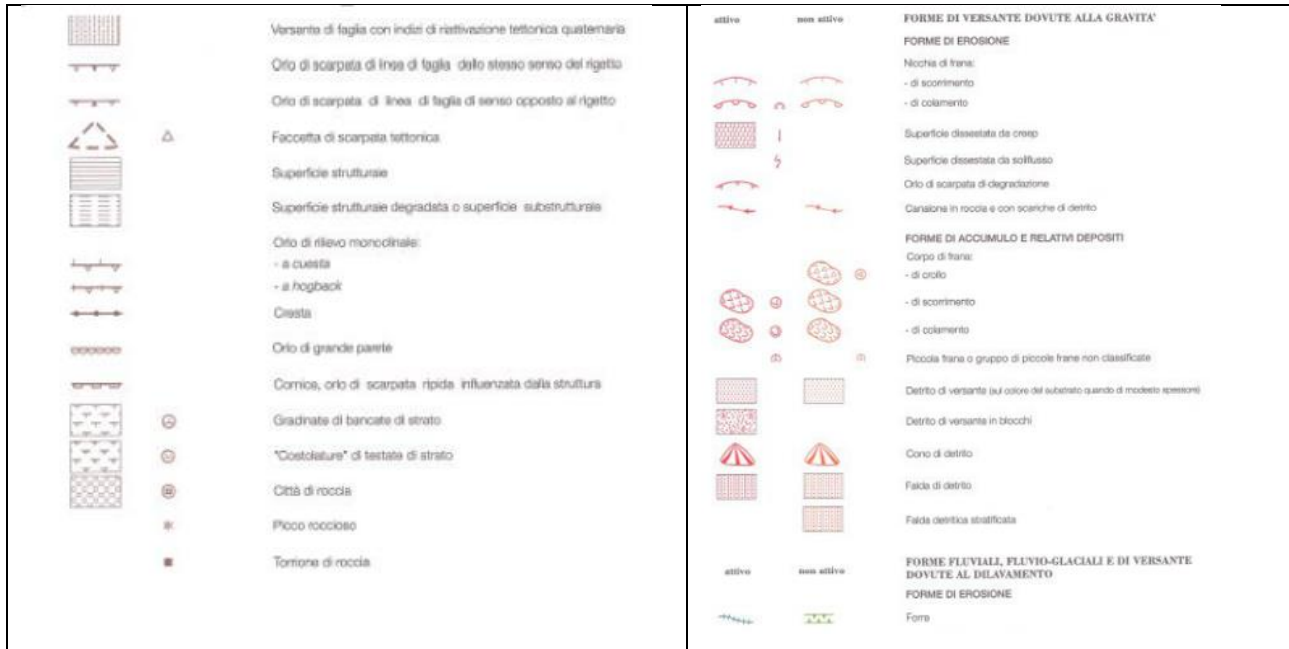


Figura 9: Stralcio del Foglio 367 "TAGLIACOZZO" della Carta Geomorfologica d'Italia, scala 1:50000. Nel cerchio azzurro è racchiusa l'area di indagine.

4.1 PAI (Piano di Assetto Idrogeologico)

Nonostante le litologie affioranti nell'immediato intorno dell'area d'indagine, **il sito non risulta compreso nella Carta degli Scenari di Rischio Frana del Comune di Tagliacozzo (AQ), PAI (Piano di Assetto Idrogeologico) redatto dall'Autorità di Bacino del fiume Tevere, DISTRETTO APPENNINO CENTRALE né per quanto riguarda la Pericolosità Idrogeologica tantomeno per ciò che concerne il Rischio** così come si evince dalla cartografia riportata in seguito tratta dal servizio del GeoPortaleNazionale all'indirizzo <http://www.pcn.minambiente.it/viewer/>.

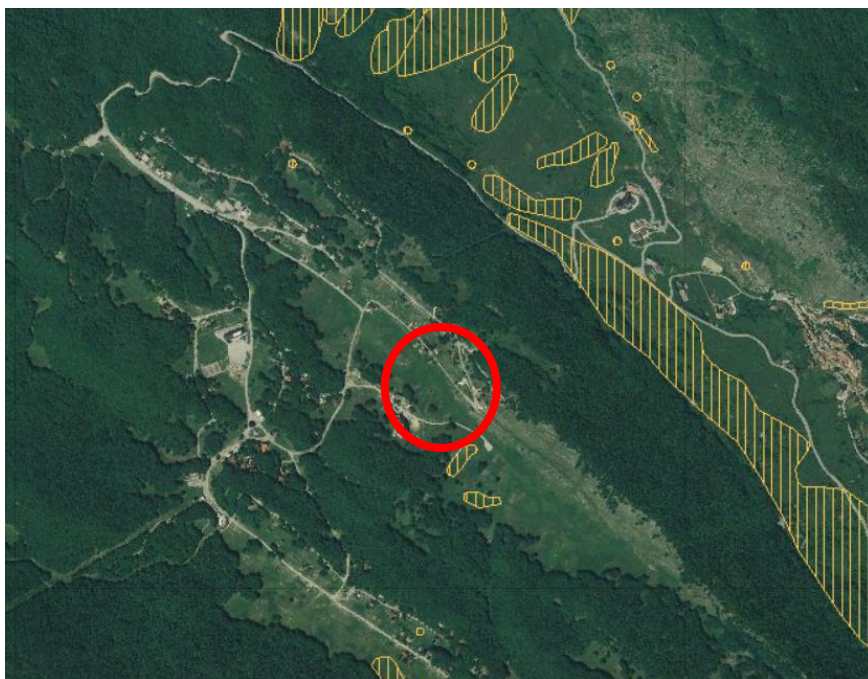


Figura 10: Stralcio cartografico dell'area in esame, estratto da *GeoPortaleNazionale* all'indirizzo <http://www.pcn.minambiente.it/viewer/>. Nel cerchio rosso è racchiusa l'area di indagine.

Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) è lo **strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo** mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa ed alla valorizzazione del suolo e la corretta utilizzazione delle acque, sulla base delle caratteristiche fisiche ed ambientali del territorio interessato.

Il PAI è uno strumento dinamico, in continua evoluzione, che prevede un aggiornamento continuo delle problematiche e delle soluzioni, è un piano territoriale, che la legge pone in una posizione sovraordinata nei confronti degli strumenti di pianificazione di settore, ponendosi come vincolo anche rispetto alla pianificazione urbanistica.

A seguito di tale disamina, l'area d'interesse, può essere definita stabile dal punto di vista geomorfologico in quanto non sono presenti fenomeni di instabilità gravitativa.

Dal rilievo geologico e geomorfologico di campagna, che ha definito pur se in prima approssimazione, l'assetto geologico e geomorfologico dell'area in esame, è emerso che allo stato attuale, non si hanno evidenze di movimento in atto sul sito di indagine.

Si evidenzia in un settore posto più a sud del sito di indagine caratterizzato dalla presenza di un'area instabile dal punto di vista gravitativo. In ogni caso, tale area risulta al di fuori del sito di indagine.

4.2 VINCOLO IDROGEOLOGICO

Il R.D.L. 30.12.1923 n° 3267 , tuttora in vigore, dal titolo: "Riordinamento e riforma in materia di boschi e terreni montani" sottopone a "vincolo per scopi idrogeologici i terreni di qualsiasi natura e destinazione che, per effetto di forme di utilizzazione contrastanti con le norme di cui agli artt. 7,8 e 9 (articoli che riguardano dissodamenti, cambiamenti di coltura ed esercizio del pascolo), possono con danno pubblico subire denudazioni, perdere la stabilità o turbare il regime delle acque"

Lo scopo principale del Vincolo Idrogeologico è quello di preservare l'ambiente fisico e quindi di garantire che tutti gli interventi che vanno ad interagire con il territorio non compromettano la stabilità dello stesso, né inneschino fenomeni erosivi, ecc., con possibilità di danno pubblico, specialmente nelle aree collinari e montane.



Figura 11: Dettaglio dell'area di studio nel territorio comunale, sottoposta al vincolo idrogeologico.
<http://geoportale.regione.abruzzo.it/Cartanet/viewer>

Il Vincolo Idrogeologico in generale non preclude la possibilità di intervenire sul territorio, ma segue l'integrazione dell'opera con il territorio.

Da tale disamina si evince come la particella sulla quale è in progetto l'opera, non risulta essere interessata da alcun movimento franoso.

Inoltre, dal rilievo geologico e geomorfologico di campagna, che ha definito pur se in prima approssimazione, l'assetto geologico e geomorfologico dell'area in esame, è emerso che allo stato attuale, non si hanno evidenze di movimento in atto sul sito di indagine. Si evidenzia in un settore posto più a sud del sito di indagine caratterizzato dalla presenza di un'area instabile dal punto di vista gravitativo. In ogni caso, tale area risulta al di fuori del sito di indagine.

IL SITO D'INDAGINE È SOTTOPOSTO AL VINCOLO IDROGEOLOGICO.

5 ASSETTO IDROGEOLOGICO

La porzione del foglio Tagliacozzo in cui ricade l'area di indagine, è come detto caratterizzata dalla presenza di strutture carbonatiche in facies di piattaforma costituite da potenti spessori di calcari Cretaceo-Miocenici. Tali strutture che sono state interessate dalla tettonica compressiva miocenica, sono rappresentate essenzialmente dalla Dorsale dei Monti Carseolani e dalla dorsale di dei Monti Simbruini.

Questa dorsale, identificata nell'Unità idrogeologica dei Monti Carseolani, si esplica in senso NO-SE, ha una superficie di circa 29 Km² (Boni et alii, 1986) i quali presentano un'infiltrazione efficace pari ad 880 mm/anno per una media di precipitazioni di poco superiore a 1200 mm/anno. La successione è caratterizzata dalla sequenza di termini calcareo e calcareo marnosi dotati di una medio alta permeabilità. In particolare, la formazione dei Calcari a Briozoi e Litotamni che affiora diffusamente in tutto il settore a N dell'area di studio, dispone di una permeabilità per fessurazione medio alta che favorisce l'infiltrazione nel sottosuolo di una discreta aliquota delle acque piovane che vanno ad alimentare l'acquifero sotterraneo. Tale unità idrogeologica è quindi sede di un acquifero libero di importanza regionale che alimenta sorgenti di discreta produttività idrica poste al bordo della dorsale montuosa.

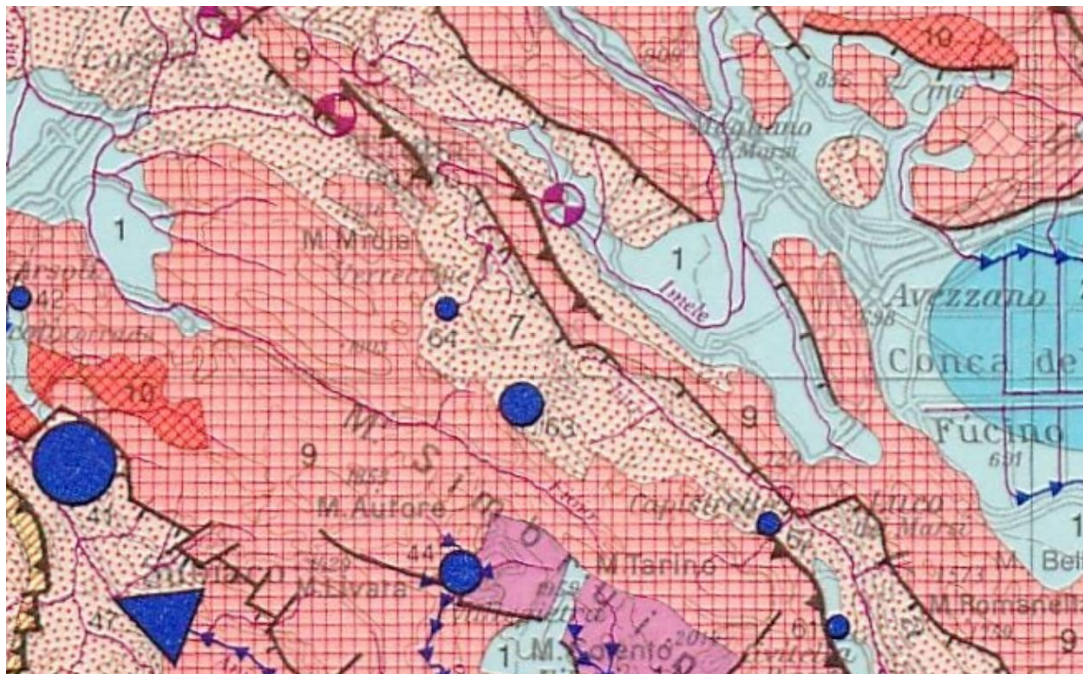
I terreni impermeabili sono qui rappresentati dalle formazioni terrigene del Miocene superiore che affiorano a sud della dorsale carbonatica dei Monti Carseolani lungo la Valle di Nefra. Come sopra evidenziato, la rapida saturazione dei suddetti litotipi determina la costituzione di una rete idrografica piuttosto sviluppata, di tipo dendritico. Inoltre, tali termini litologici essendo piuttosto erodibili determinano l'accumulo di discreti volumi di sedimenti nella rete idrografica e carsica.

Al limite con l'area è presente il **COMPLESSO DEI FLYSCH ARENACEI** - potenzialità acquifera bassissima, caratterizzato da successioni generalmente caotiche di argille e marne con intercalazioni di arenarie e calcari marnosi (CRETACICO SUP. – OLIGOCENE) affioranti prevalentemente nei Monti della Tolfa e nella Valle Latina. Spessori variabili fino ad oltre 1000 m. Il complesso non presenta una circolazione idrica sotterranea significativa.

Altri complessi presenti nell'area sono:

COMPLESSO DEI CALCARI DI PIATTAFORMA - *potenzialità acquifera altissima*

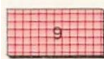
Calcari detritici, micritici, con intercalazioni dolomitiche; calcari organogeni e brecce calcaree della successione laziale abruzzese (*LIAS MEDIO - CRETACICO SUP.*). Spessori variabili da qualche centinaio a 1500 m. E' sede di articolati ed imponenti acquiferi che alimentano le maggiori sorgenti della regione. Le diverse fasi tettoniche hanno determinato un assetto idrogeologico regionale complesso che condiziona lo schema di circolazione idrica sotterranea fra le principali unità idrogeologiche.



Complesso dei flysch arenacei

Successioni fliocidali, argilloso-marnoso-arenacee, che passano localmente a termini evaporitici con gessi. (MIOCENE - Pliocene p.p.).

Spessori da alcune centinaia ad oltre un migliaio di metri. Rocce con bassa permeabilità di insieme, ma con discreta capacità di immagazzinamento. Circolazione sotterranea diffusa ma quantitativamente molto limitata. Dove le arenarie sono più fratturate e dove è più sviluppata la coltre di alterazione superficiale si trovano acquiferi epidermici discontinui che alimentano piccole sorgenti e sostengono il flusso di base di corsi d'acqua a regime prevalentemente stagionale. Nelle facies prossimali, la tessitura più grossolana dei litotipi prevalentemente arenacei, accentua la capacità di immagazzinamento e la permeabilità di insieme favorendo una più attiva circolazione sotterranea diffusa che sostiene un apprezzabile flusso di base, perenne, del reticolo idrografico. Presso gli affioramenti dei termini evaporitici si possono trovare sorgenti di acque solfuree fredde, con portate esigue. Nel loro complesso questi terreni hanno funzione di «acquiclude» nei confronti degli acquiferi carbonatici e di base per falde contenute in (1), (2), (3) e (4).



Complesso di piattaforma carbonatica

Successione calcarea (intrabiospariti, oospariti e biomicriti prevalenti) e calcareo-dolomitica di piattaforma subsidente, priva di significative intercalazioni terrigene; sono stati unificati i lembi calcarei miocenici trasgressivi sui carbonati mesozoici. (GIURASSICO p.p. - MIOCENE INFERIORE).

Spessore da poche centinaia a circa 3000 metri.

Questa monotona successione carbonatica, formata da strati di spessore considerevole (mediamente 50 cm) e priva di significative intercalazioni plastiche, ha reagito alle sollecitazioni tettoniche come una massa rigida e fragile. La piattaforma carbonatica è stata interessata da tre successive fasi tettoniche: a) smembramento in grandi settori, divisi da profondi solchi orientati NO-SE, progressivamente colmati da depositi terrigeni (6), (7), (8); b) generale traslazione verso NE con conseguente restringimento dei solchi ed accavallamento dei carbonati sui depositi terrigeni; c) ultima fase marcatamente distensiva, particolarmente attiva in corrispondenza dei solchi preesistenti e lungo la periferia. La piattaforma risulta oggi suddivisa in strutture sufficientemente definite corrispondenti ai diversi sistemi idrogeologici individuati. Le successive fasi tettoniche, diversamente caratterizzate, oltre ad aver determinato l'assetto idrogeologico regionale, hanno sviluppato un particolare tipo di permeabilità che condiziona i caratteri idrogeologici dell'intero dominio. I carbonati di piattaforma sono stati minutamente frammentati da un esteso reticolo di fratture, distribuito in modo uniforme, che solo localmente assume particolare sviluppo. Tali condizioni hanno favorito un processo di infiltrazione particolarmente intenso, ma omogeneamente distribuito, che ha dato origine ad un reticolo carsico, ancora in piena evoluzione, molto esteso e ramificato, ma raramente penetrabile e spettacolare. L'abbondantissima infiltrazione alimenta falde imponenti che saturano la base delle strutture carbonatiche e drenano, con moto lento, verso le grandi sorgenti poste alla periferia dei sistemi carsici, caratterizzate da regimi di portata generalmente molto regolari.

Falde carsiche imprigionate si estendono sotto i depositi fliocidali (6) e (7) e argillosi (5) rispettivamente nelle depressioni intrappenniniche e nelle zone costiere.

Il ruscellamento è ridottissimo (inferiore all'1% delle precipitazioni) ed effimero; il reticolo di drenaggio, immaturo, non incide le strutture tanto da raggiungere la quota di saturazione. I corsi d'acqua perenni alimentati dalla falda dei carbonati sono un'eccezione (Valle dell'Aniene). L'infiltrazione efficace media annua varia localmente da 800 a 1000 mm, in rapporto all'entità delle precipitazioni; la media sull'intero complesso è stata valutata 886 mm.

La precipitazione media annua varia localmente da 1000 a 2000 mm; la media sul complesso è stata valutata 1250 mm.

Queste rocce si estendono, con spessore di alcune centinaia di metri («Calcareo massiccio») alla base del (12) e (13).

Figura 12: Stralcio tratto dalla carta idrogeologica dell'Italia Centrale (Boni et alii, 1986).

Nei dintorni del sito NON presenti sorgenti con portate significative

Nell'area del foglio infatti sono presenti innumerevoli sorgenti, queste sono per lo più collocate nelle aree occupate dai depositi torbiditici a contatto tra i litotipi a differente permeabilità e nelle fasce detritiche ai pendii dei versanti. Di notevole importanza sono le sorgenti connesse agli acquiferi carbonatici poste sul versante nord occidentale dei monti Simbruini (Verrecchie – Cappadocia) con portate fino a 1m³/s.

6 SISMICITÀ E PERICOLOSITÀ SISMICA

Nel territorio abruzzese l'attività sismica più forte è concentrata in prevalenza lungo la catena appenninica, in particolare ad W del Gran Sasso e della Maiella, mentre lungo la fascia pedemontana e costiera si osserva una sismicità più modesta. La massima intensità macrosismica osservata in Abruzzo è pari all'XI grado della Scala MCS. I terremoti dell'area appenninica abruzzese sono associabili a faglie quaternarie, normali o trassensive, osservabili in superficie, ben definibili in termini di lunghezza, giacitura e cinematica e spesso caratterizzate da attività riferibile al Pleistocene sup - Olocene, talvolta con evidenze dirette di dislocazione cosismica superficiale in occasione di forti terremoti (Lavecchia et alii, 2006). Le strutture riportate nella figura che segue, che possono influenzare maggiormente la sismicità dell'area di studio, sono le seguenti: Alta valle dell'Aterno: (comprende i segmenti del Monte Pettino e di Camarda/Paganica, che si sono attivati durante l'evento del 6 aprile 2009), Campo Felice – Piani di Pezza-Ovindoli, Conca di Rieti, Valle del Salto M. Velino, Montereale, Media Valle dell'Aterno, Gran Sasso, Campo Imperatore, Assergi - M. Cappucciata - M. S. Vito, Monti della Laga, Fucino.

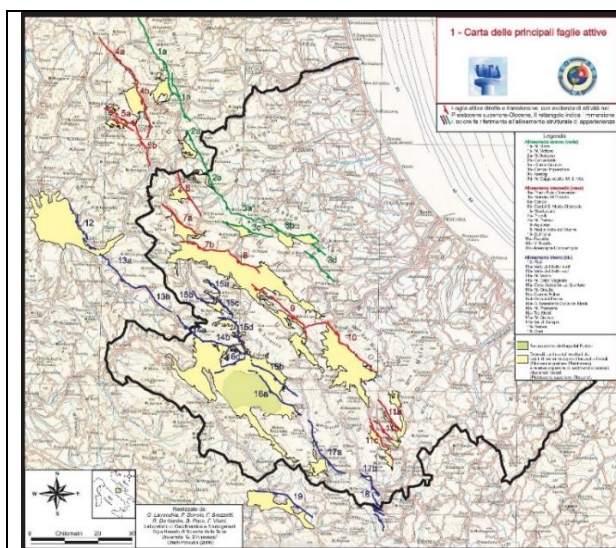


Figura 13: Carta delle principali faglie attive della regione Abruzzo (Lavecchia et al., 2006)

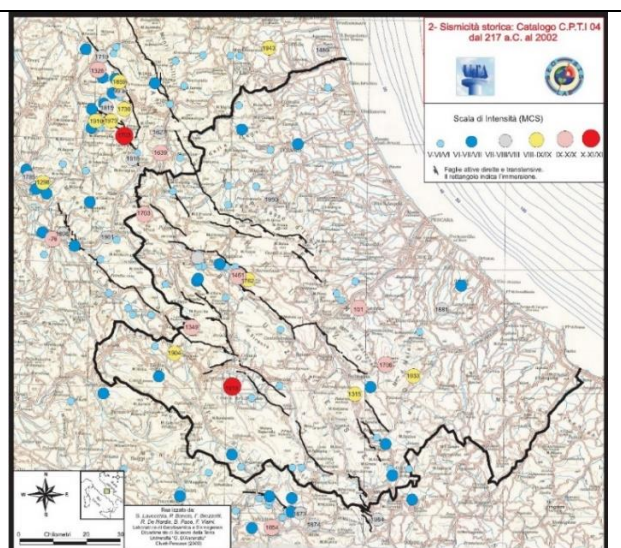


Figura 14: Carta dei principali eventi sismici avvenuti nella Regione Abruzzo (Lavecchia et al., 2006)

Queste strutture hanno dato luogo a terremoti, come i sismi distruttivi, avvenuti in epoca storica, del 1349, 1461, 1703, 1706 e 1915.

Senza dimenticare l'evento aquilano del 6 aprile 2009 (intensità epicentrale $I_0 = IX-X$ MCS, magnitudo momento $M_w = 6.3$) il quale come quelli sopramenzionati, è avvenuto all'interno della **ZS 923** della zonazione sismogenetica ZS9 (Meletti et al. 2004), utilizzata per la compilazione della mappa di pericolosità sismica MPS04 (GdL MPS, 2004).

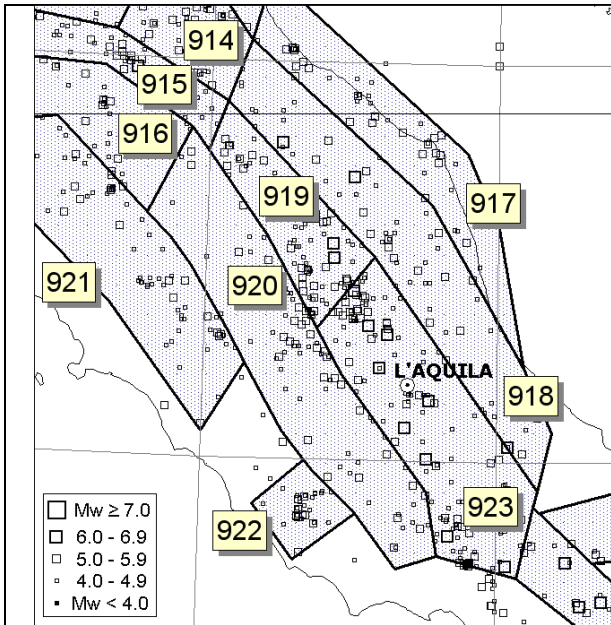


Figura 15: Zone sorgenti dell'Appennino centrale (Meletti et al., 2008)

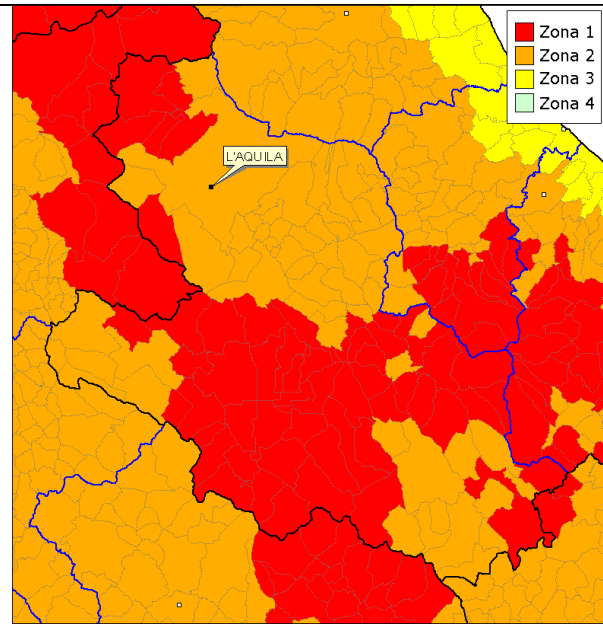


Figura 16: Zone sismiche aggiornate dall'OPCM 3274/2003 e recepite dalle Regioni.

Il sito di indagine è racchiuso nella zona Sismogenetica ZS920 Val di Chiana Ciociaria.

Attualmente il territorio della **Comune di Tagliacozzo (AQ)** in base a quanto stabilito dall'Ordinanza PCM 3274/2003, è classificato in **Zona Sismica 2**.

Per una più adeguata caratterizzazione macrosismica dell'area di progetto, si è provveduto alla consultazione del **catalogo DISS** (Database per l'individuazione delle sorgenti sismogenetiche) del quale si riporta uno stralcio:

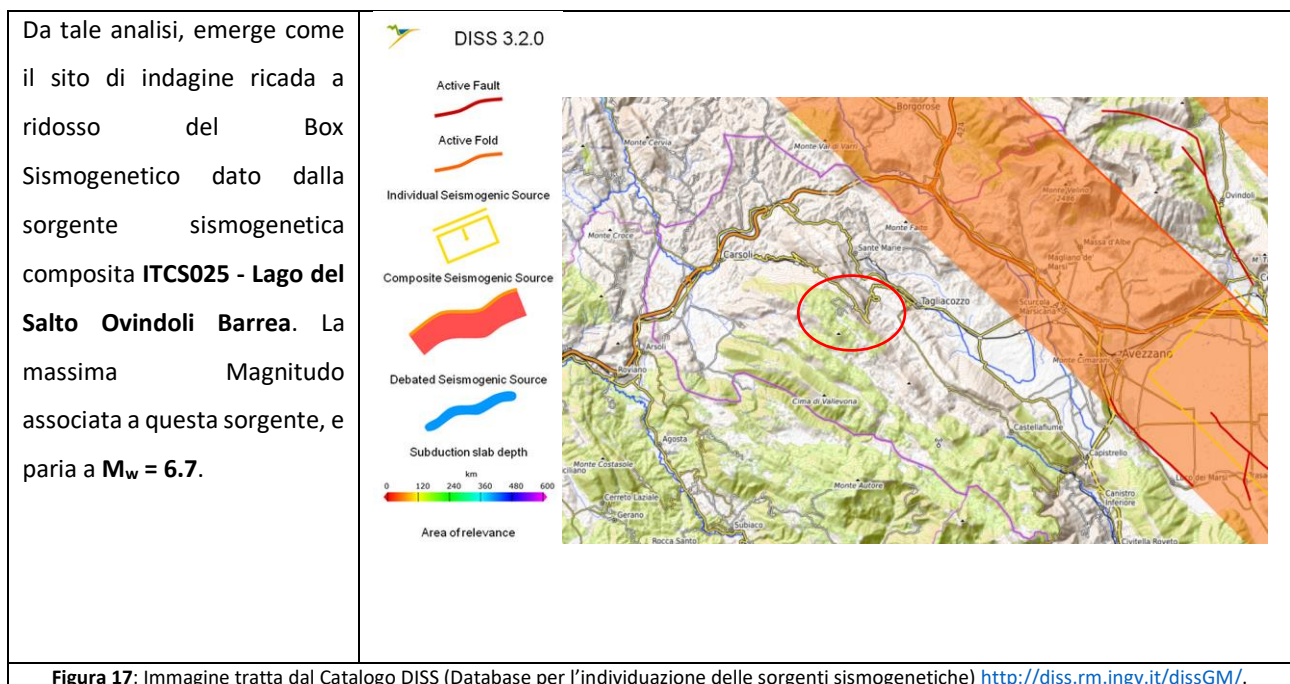
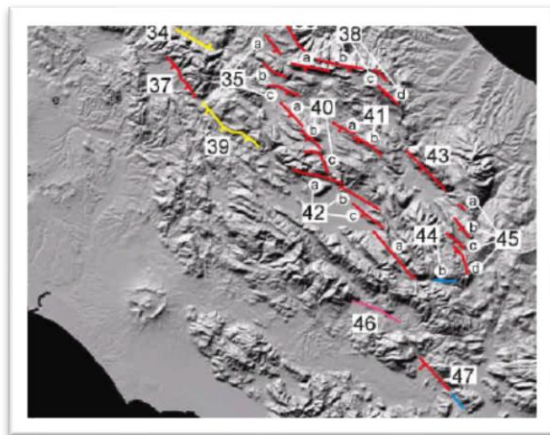


Figura 17: Immagine tratta dal Catalogo DISS (Database per l'individuazione delle sorgenti sismogenetiche) <http://diss.rm.ingv.it/dissGM/>.

6.1 INQUADRAMENTO SISMOTETTONICO

Una visione esaustiva dei lineamenti tettonici sismogenetici dell'Appennino centrale è data dallo stralcio della "Carta delle faglie attive dell'Appennino centrale" (Galadini et al., 2000) e la relativa tabella descrittiva; in particolare per l'area del Comune di Sante Marie, particolare rilievo è assunto dal lineamento n°42 a,b,c. (Fucino) per l'estrema vicinanza, ma effetti disastrosi si sono registrati anche a seguito di eventi sismici connessi con le faglie della Conca Aquilana, e delle più distanti strutture della media Valle dell'Aterno e del Monte Morrone nonché delle strutture di Leonessa e Rieti.



Faglia e sistema di faglia	Lunghezza del sistema di faglia (km)	Slip rate verticale (mm/a)	Slip rate verticale massimo (mm/a)	Intervallo cronologico	Intervallo di ricorrenza per eventi di fagliazione di superficie (anni)	Spessore strato sismogenetico (km)
Gubbio (29)	21	-	-	-	-	5
Orsido Tadiio (30)	-	0,3-0,4	-	-	-	8-10
Colfiorito (31)	20	0,3-0,4	-	Quaternario	-	-
Narnia (32)	30	0,5-0,7	0,3	10000-760 BP	-	10-12
M. Vettore (33)	18	0,5-0,6	0,25-0,3	23330-200 BP	-	-
Leonessa (34)	21	0,3	-	Olocene	-	-
Alta Valle dell'Aterno (35)	25	0,47-0,86	-	31710-760 BP	-	8-12
M. e della Lega (36)	18	0,73-0,8	0,3-0,38	23330-200 BP	-	-
Rieti (37)	27	0,5	-	Olocene	-	-
Campo Imperatore-Assergi-M. Capucciana (38)	40	0,67-1	-	18000-19000 BP	2.500-7.000	8-12
Valle del Salto (39)	24	0,3	-	Olocene	-	-
Campo Felice-Celle Cerreto*/ Ortadello-Pezza** (40)	*16**12-20	*1,1**0,8-1,2	**1,2-0,3	**7000 BP	**2.780-3.200	-
Media Valle dell'Aterno (41)	21	0,33-0,43	-	**7000-10000 BP	-	-
Fucino (42)	33	0,7-0,8	0,4-0,5	1,5 Ma	1.400-2.600	-
M. Morrone (43)	20	0,5-0,66	0,37-0,43	10100-650 BP	-	-
Alta Valle del Sogra (44)	20	-	0,9-1,0 Ma	0,8-1 Ma	-	13
Arenzano-Campagna (45)	16	-	0,2	10000 BP	-	-
Sora (46)	-	-	-	-	-	-
S. Pietro Infine (47)	17	-	-	-	-	-

Figura 18: Carta delle faglie attive dell'Appennino centrale" (Galadini et al., 2000)

Dalla "Sintesi delle conoscenze sulle faglie attive in Italia centrale" (CNR-GNDT, 2000) è noto che la faglia del Fucino a cinematica normale ha una struttura di superficie con direzione grossomodo appenninica di lunghezza superiore a 20 km; tale lineamento è responsabile del terremoto di Avezzano del 1915 a seguito del quale si sono avute numerose manifestazioni di fagliazione superficiale. Lo spostamento cosismico medio associato all'evento del 1915 è stimato pari a 60 cm, mentre la profondità dello strato sismogenetico è ritenuta pari a 8-10 km. La massima magnitudo attesa per questa struttura è pari a 7.

In riferimento al Catalogo ITHACA (curato e aggiornato da ISPRA, <http://sgi2.isprambiente.it/ithacaweb/viewer/index.html>), contenente la collocazione spaziale delle faglie attive presenti sul territorio italiano, in special modo di quelle stimate in grado di produrre una significativa deformazione tettonica permanente in superficie (ovvero capaci), in prossimità dell'area di studio si individua la faglia normale denominata "Pagliara dei Marsi", con ID 27102.

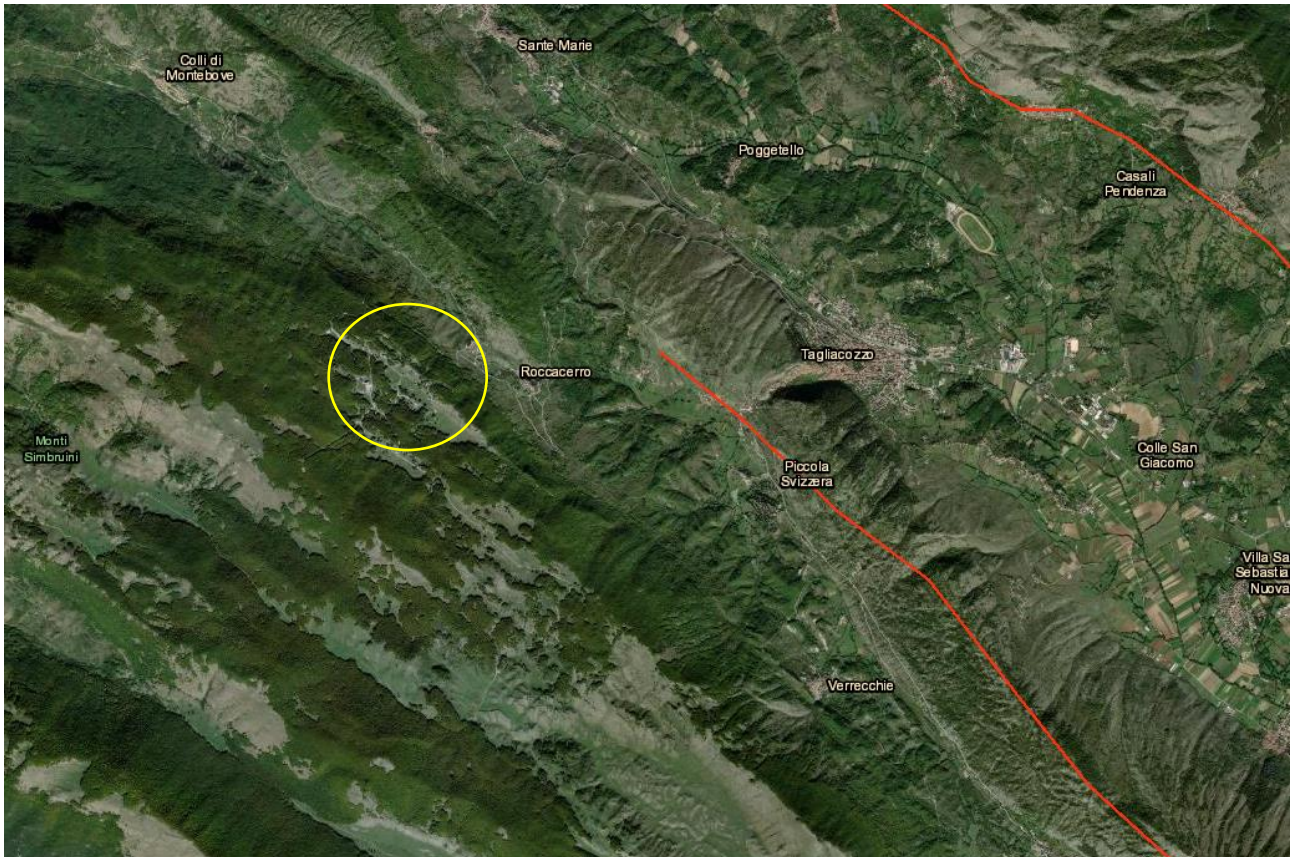


Figura: 19: Carta delle Faglie attive e capaci data base ITHACA.

6.2 SISMICITÀ STORICA

L'analisi della pericolosità sismica storica del Comune di Tagliacozzo (AQ) è stata eseguita utilizzando le informazioni macrosismiche messe a disposizione della comunità scientifica a seguito del Progetto S1 dell'INGV, vale a dire il Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI15 (https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/query_place/) (Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Conte S., Rocchetti E. (2016). *DBMI15, the 2015 version of the Italian Macroseismic Database. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi:http://doi.org/10.6092/INGV.IT-DBMI15*) ed il **DBMI15** che rappresenta un database di osservazioni macrosismiche di terremoti nell'area italiana al di sopra della soglia del danno. In particolare, è stata adottata una procedura che analizza la sismicità locale con un approccio "di sito". Come noto, tale approccio tende a ricostruire le storie sismiche locali analizzando le distribuzioni areali dei risentimenti generati dai terremoti noti per il territorio nazionale e presenti, nei Cataloghi Sismici. In questa relazione, l'obiettivo è stato quello di valutare le massime intensità sismiche risentite nel Comune di Sante Marie. Più in dettaglio si riporta di seguito la tabella ed il grafico della storia sismica di Sante Marie.

Osservazioni sismiche (44) disponibili per Tagliacozzo (AQ):

File downloaded from CPTI15 - DBMI15					
Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani 2015 - Database Macrosismico Italiano 2015					
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia					
Seismic history of	Tagliacozzo				
PlaceID	IT_56406				
Coordinates (lat, lon)	42.068, 13.251				
Municipality (ISTAT 2015)	Tagliacozzo				
Province	L'Aquila				
Region	Abruzzo				
No. of reported earthquakes	44				
Intensity	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
HF	1743	Marsica	3	5-6	4.40
2-3	1895 11 01	Campagna romana	94	6-7	4.83
NF	1901 04 24 14 20	Sabina	44	8	5.25
6	1904 02 24 15 53 26	Marsica	56	8-9	5.68
4-5	1904 02 25 00 29 13	Marsica	34	5-6	4.56
F	1904 03 03 18 55 44	Marsica	6	4-5	4.32
NF	1910 02 22 15 35	Magliano de' Marsi	13	5	4.16
NF	1911 04 10 09 43	Colli Albani	79	6	4.74
NF	1913 01 03 13 39 25	Marsica	44	5-6	4.53
8	1915 01 13 06 52 43	Marsica	1041	11	7.08
5	1915 04 05 06 18 58	Valle dell'Aniene	21	6	4.80
4	1917 01 03 01 35	Marsica	57		
5	1917 07 08 02	Appennino laziale-abruzzese	44	5-6	4.68
2	1919 10 22 06 10	Anzio	142	6-7	5.22
4	1922 12 29 12 22 06	Val Roveto	119	6-7	5.24
4	1923 05 13 14 30 59	Valle del Salto	21	5	4.33
3	1926 12 18 21 07 20	Marsica	24	5	4.24
5	1927 10 11 14 45 08	Marsica	81	7	5.20
5	1933 09 26 03 33 29	Maiella	325	9	5.90
2	1941 09 08 16 30	Alto Aniene	16	6	4.35
4	1958 06 24 06 07	Aquilano	222	7	5.04
7	1960 03 14 04 44	Marsica	40	7	4.72
4-5	1979 09 19 21 35 37	Valnerina	694	8-9	5.83
3-4	1980 06 14 20 56 50	Marsica	69	5-6	4.96
NF	1980 10 01 00 57 38	Frusinate	41	5	4.26
4	1980 11 23 18 34 52	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
4	1984 05 07 17 50	Monti della Meta	911	8	5.86
4	1984 05 11 10 41 4	Monti della Meta	342	7	5.47
NF	1987 07 03 10 21 5	Costa Marchigiana	359	7	5.06
NF	1990 05 05 07 21 2	Potentino	1375		5.77
NF	1994 06 02 17 38 1	Aquilano	106	5	4.21
4	1994 08 05 22 01 2	Val Roveto	81	5-6	4.15

4	1994 08 07 06 31 1	Val Roveto	103	5-6	4.25
3-4	1997 09 26 00 33 1	Appennino umbro-marchigiano	760	7-8	5.66
3	1997 10 14 15 23 1	Valnerina	786		5.62
4	1998 05 12 21 46 3	Monti Simbruini	48	5	3.77
2-3	1998 08 15 05 18 0	Reatino	233	5-6	4.42
3-4	2000 03 11 10 35 2	Valle dell'Aniene	214	6	4.25
NF	2000 05 22 15 48 0	Valle dell'Aniene	48	5-6	3.45
NF	2000 05 28 09 29 1	Valle dell'Aniene	58	6	3.88
NF	2000 06 27 07 32 3	Valle dell'Aniene	138	6	4.24
NF	2004 10 05 23 00 2	Valle dell'Aniene	78	4	3.30
NF	2005 12 15 13 28 3	Val Nerina	350	5	4.14
5	2009 04 06 01 32 0	Aquilano	316	9-10	6.29

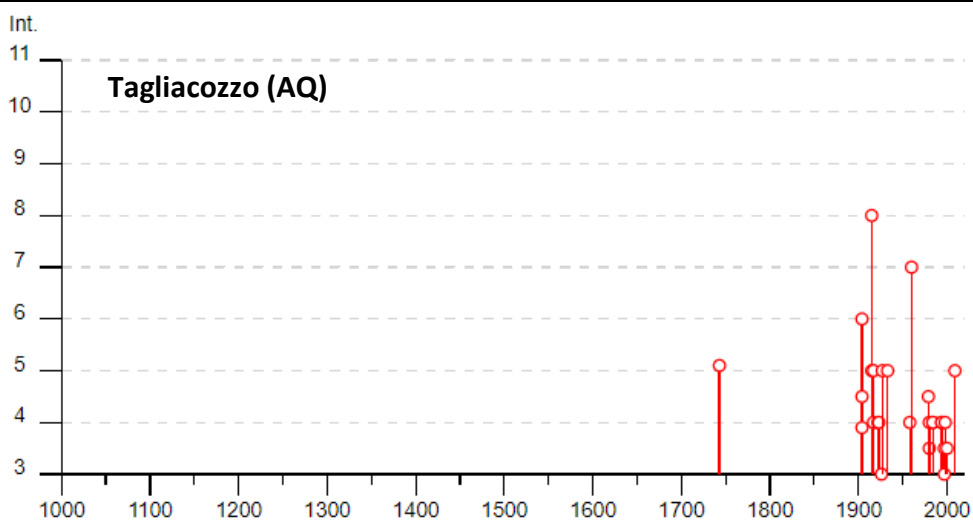


Tabella 2: Grafico illustrante la storia sismica di Tagliacozzo (AQ) dall'anno 1000 al 2020. Sulle ordinate sono riportate le intensità sismiche (Is) dei terremoti rilevati, mentre sulle ascisse sono riportati i riferimenti temporali espressi in anni. (http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/query_place/).

Si tiene a precisare che i dati di danneggiamento esistenti in letteratura per il comune di Tagliacozzo indicano che buona parte del territorio comunale, è soggetto a fenomeni di amplificazione locale del moto sismico al suolo.

Lo studio di Microzonazione Sismica di Livello I per il Comune di Tagliacozzo (AQ) risulta validato e pubblicato alla data di redazione della presente relazione geologica, ma l'area di progetto risulta non essere inclusa negli elaborati tecnici prodotti.

7 INDAGINI IN SITU

Come riportato in premessa, le indagini pianificate ed eseguite nel sottosuolo del sito di progetto, sono state mirate ad acquisire tutti gli elementi necessari ad una corretta caratterizzazione geologica, geotecnica sismica ed idrogeologica dei terreni di fondazione.

Sono state eseguite le seguenti indagini (Figura 13):

- **n. 1** prova penetrometrica superpesante DPSH (*Dinamic Probing Super Heavy*) terebrata sino al rifiuto strumentale;
- **n. 1** prova sismica di tipo MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) per la determinazione del parametro $V_{s,eq}$;
- **n. 1** misura di rumore ambientale tramite prova HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*) per la determinazione della frequenza fondamentale di sito.



Figura 21: Stralcio in scala con l'ubicazione delle indagini geotecniche e geofisiche realizzate.

La scelta dell'ubicazione delle indagini, è stata effettuata tenendo conto della geologia del sito e dell'idea progettuale.

7.1 PROVE SISMICHE DI TIPO MASW (Multichannel Analysis Of Surface Waves)

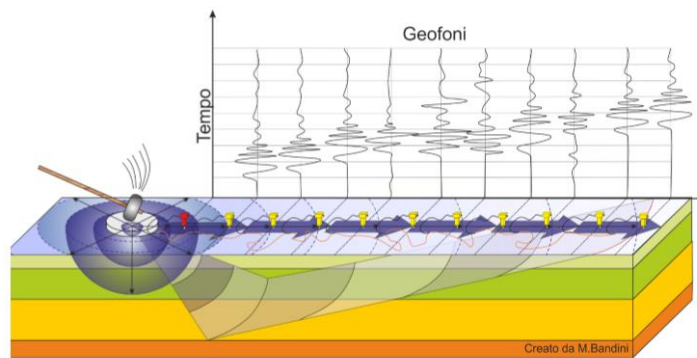
Dati generali ed inquadramento

Località	TAGLIACOZZO (AQ)
Operatore prova	DOTT. GEOL. LUCA RUBEIS
Responsabile prova	DOTT. GEOL. LUCA RUBEIS
Zona	Via del Belvedere – Loc. Marsia
Data della prova	25/10/2020
Latitudine ED50	42.066868°
Longitudine ED50	13.193723°



Figura 22: Stralcio con l'ubicazione delle indagini geofisiche MASW.

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica d'indagine non invasiva, che individua il profilo di V_s , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante delle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione. 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. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo. (V.Roma 2004).



Caratterizzazione sismica dei terreni definita nella Normativa (NTC 2018)

La velocità di propagazione delle onde sismiche trasversali V_{s30} è uno dei parametri più importanti nell'ambito della valutazione dell'amplificazione del moto del suolo dovuto ad un sisma, essendo ampiamente dimostrato che gli effetti di un terremoto sono legati al contrasto di impedenza sismica tra i diversi mezzi attraversati, ovvero al prodotto tra la velocità di taglio delle onde sismiche ed il peso di volume dello strato attraversato. Notevole interesse al parametro V_s è stato inoltre fornito dalla normativa sismica che definisce l'azione sismica di progetto per diverse categorie di suolo di fondazione sulla base del parametro V_{s30} , ovvero della velocità media equivalente di propagazione delle onde di taglio entro 30 metri di profondità:

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

Tabella 3: Categorie di suolo di fondazione

Per velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio si intende la media pesata delle velocità delle onde S negli strati nei primi metri di profondità dal piano di posa della fondazione, secondo la relazione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{strato=1}^N \frac{h(strato)}{V_s(strato)}}$$

Dove

- N è il numero di strati individuabili nei primi metri di suolo, ciascuno caratterizzato dallo spessore h(strato) e dalla velocità delle onde S Vs(strato).
- Per H si intende la profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da Vs non inferiore a 800 m/s.
- Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio Vs,eq è definita dal parametro Vs30, ottenuto ponendo H=30 m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Così come previsto dalla normativa vigente, è stato realizzato n. 1 stendimento MASW. Sono stati utilizzati 24 canali disposti ad una interdistanza (distanza intergeofonica) di 1,5 m tra loro.

Per lo stendimento denominato nelle cartografie ubicative **MASW**, è stata effettuata 1 energizzazione:

- **n 1: offset (distanza sorgente primo geofono) 5 metri;**

MASW

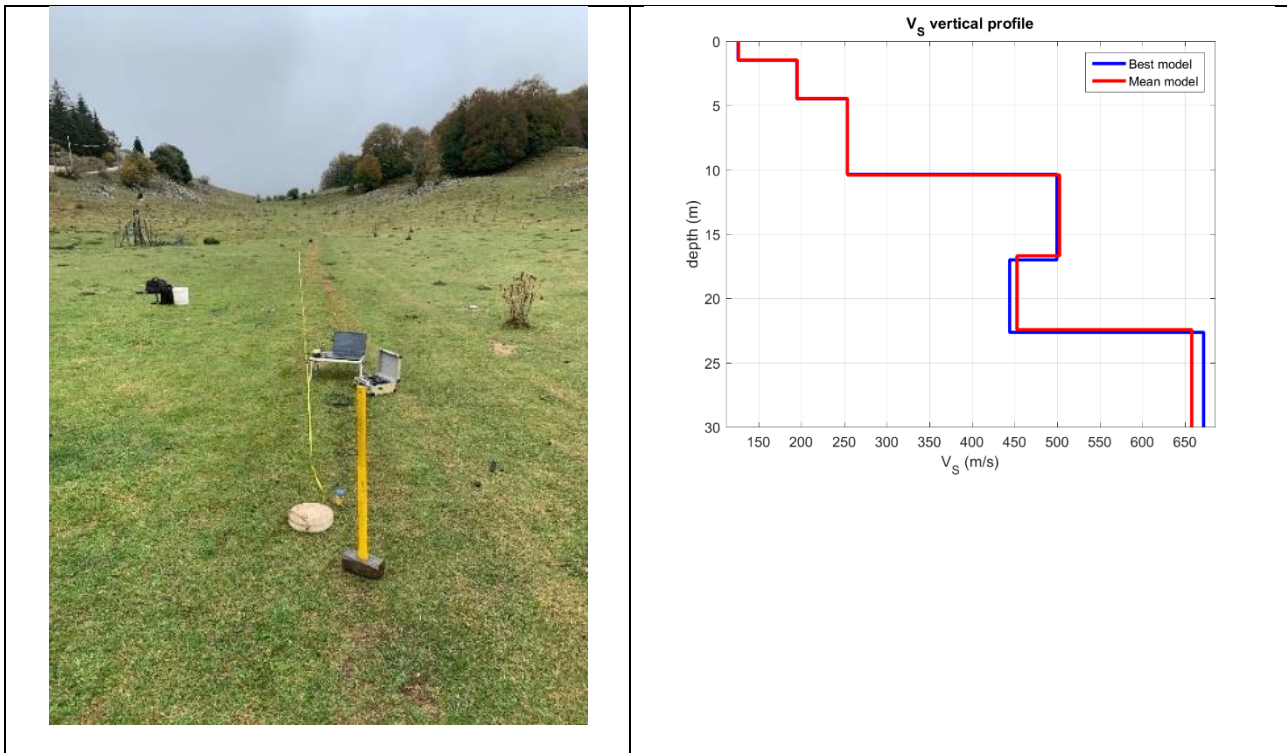


Figura 23: Foto dello stendimento MASW 1 con i relativi profili di velocità ricavati.

La velocità delle onde sismiche per la MASW 1 nei primi 30m (V_{s,eq}) è risultata pari a **345 m/s**,

Risultati delle indagini:

Il dataset acquisito, è risultato di moderata qualità, pertanto i dati risultano adeguati allo scopo di caratterizzare in termini di Vs i primi 30 metri di sottosuolo. Il modello stratigrafico calcolato tramite successive approssimazioni ha permesso di ricavare una curva di dispersione teorica con una buona sovrapposizione alla curva di dispersione sperimentale piccata.

Il profilo sismo-stratigrafico, risulta caratterizzato da un incremento delle Vs con la profondità.

Nella tabella seguente è riportato per i modelli medi i valori di Vs e di spessori degli strati oltre a stime delle velocità delle onde P, densità e modulo di taglio dinamico.

Il modello medio è stato calcolato con la metodologia MPPD (Marginal Posterior Probability Density).

MASW 1						
SISMOSTRATO	SPESSORE (m)	Vs (m/s)	Vp (m/s)	DENSITA' (gr/cm ³)	POISSON	MODULO DI TAGLIO DINAMICO (MPa)
1	1.5	126	261	1.73	0.35	27
2	3.0	195	405	1.84	0.35	70
3	5.9	254	528	1.90	0.35	123
4	6.7	500	1040	2.06	0.35	516
5	5.6	444	925	2.03	0.35	401
6	7.3	672	1257	2.11	0.30	953

Suolo di tipo C:

Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

Per maggiori dettagli, si rimanda agli allegati.

7.2 MISURA DI RUMORE AMBIENTALE

Prova HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio)

Al fine di ricavare la frequenza fondamentale dei terreni sono state realizzate due misure di rumore ambientale. Tale indagine si basa sulla tecnica di Nakamura (1998) e si avvale delle misure del rapporto spettrale H/V. Le vibrazioni ambientali (o rumore sismico ambientale o micro-tremori) sono movimenti del terreno caratterizzati da ampiezze non percepibili dall'uomo ($10^4 - 10^2$ mm), osservabili in ogni parte della superficie della Terra. Queste vibrazioni sono l'effetto di una molteplicità di sorgenti agenti a diverse frequenze: onde marine e perturbazioni atmosferiche, ad esempio, contribuiscono al campo d'onda prevalentemente a frequenze inferiori a 0.5 Hz; vento, traffico veicolare e attività industriali contribuiscono prevalentemente a frequenze superiori a 0.5 Hz. La tecnica sismica passiva a stazione singola si è imposta negli anni recenti come il metodo più semplice per verificare se in un sito esista la possibilità di amplificazione per motivi stratigrafici e a quali frequenze. La tecnica assume che i micro-tremori siano principalmente composti da onde di Rayleigh che si propagano in un singolo strato sofficce su un mezzo rigido e che la presenza di quello strato sia la causa dell'amplificazione al sito. Questa tecnica ha lo scopo principale di evidenziare la presenza di fenomeni di risonanza sismica e consentire una stima delle frequenze alle quali il moto del terreno può risultare amplificato a causa di questi fenomeni. Il risultato è una curva sperimentale che rappresenta il valore del rapporto H/V in funzione della frequenza di vibrazione. Le frequenze alla quali la curva H/V mostra dei massimi sono legate alle frequenze di risonanza del terreno al di sotto del punto di misura. In casi semplici (coperture soffici al di sopra di un basamento sismico rigido), è possibile stabilire una relazione fra lo spessore h dello strato sofficce, la velocità media delle onde S all'interno di quest'ultimo (V_s) e la frequenza di risonanza f dello strato, nella forma:

$$\text{Frequenza } f = V_s/4H$$

$$\text{Periodo } T = 1/f = 4h/V_s$$

Dall'equazione emerge come la tecnica H/V possa fornire anche indicazioni di carattere stratigrafico: a partire da una misura di vibrazioni ambientali che vincola il valore di f , nota la V_s delle coperture, si può infatti stimare la profondità dei riflettori sismici principali o viceversa. Le misure di microtremore a stazione singola si effettuano per mezzo di sismometri tricomponenti sufficientemente sensibili nell'intervallo di frequenze di interesse ingegneristico (0.1-10) Hz, corrispondenti alle frequenze dei modi di vibrare della maggior parte delle strutture).

Dal punto di vista pratico bisogna effettuare:

- 1) un accurato accoppiamento dello strumento di misura con il terreno;
- 2) registrazioni di almeno 20 min in modo da poter analizzare il segnale su finestre di almeno 30 s su cui effettuare una media;
- 3) verificare che la misura rispetti i criteri per la valutazione della significatività dei picchi H/V (*progetto SESAME*).

Le misure sono state effettuate con una stazione singola GEOBOX SARA ELECTRONICS INSTRUMENTS (PG). Si tratta di una stazione sismica digitale compatta e leggera, equipaggiata con sismometro a banda larga e ad alta sensibilità, costituito da tre velocimetri a breve periodo. L'analisi dei dati è stata condotta tramite il software GEOEXPLORER con il quale è possibile analizzare e visualizzare le misure effettuate tramite tale strumentazione. Il software effettua l'analisi spettrale completa delle tracce, effettua il calcolo delle curve H/V per la determinazione delle frequenze di risonanza del sottosuolo effettuando le procedure di pulizia dei tracciati nel dominio del tempo e della frequenza. Inoltre provvede ai test sulla significatività dei picchi secondo le linee guida europee del SESAME.

La misura di rumore ambientale come detto è stata effettuata con una stazione della "SARA s.r.l. modello GEOBOX con sensori a 4.5Hz". La registrazione ha avuto una durata di 20 minuti (come specificato in seguito) ed i dati acquisiti sono stati analizzati con la tecnica dei rapporti spettrali HVSR mediante l'ausilio del software "GeoExplorer della Sara electronics instruments (PG)".

Le misure sono state eseguite in presenza di condizioni meteo caratterizzate da cielo sereno e vento poco percepibile. Il traffico veicolare e le attività umane nelle vicinanze, erano sporadiche. Le misure sono state effettuate dopo aver ottenuto un buon accoppiamento strumento - terreno. La durata della misura denominata nelle cartografie ubicative HVSR è durata circa 1200 secondi.

Dall'applicazione della tecnica dei rapporti spettrali HVSR, sul rumore ambientale si ricava per le prove H/V una curva amplificativa che presenta per entrambe le misure un picco significativo alla frequenza di 0.87 Hz con un valore di ampiezza pari a 5.2 Hz.



Figura 24: Stralcio in scala con l'ubicazione delle indagini geofisiche HVSR.

Le curve mostrano un picco marcato con $f_0 = 31.998$ Hz. Tale picco può essere ritenuto stratigrafico.

Le curve ricavate indicano che dal punto di vista stratigrafico è presente un contrasto d'impedenza sismica a poca profondità.

Va comunque ribadito che si ha "risonanza" e quindi particolare accentuazione dell'amplificazione, per periodo $T = 4h/V_s$, con h spessore della copertura e V_s velocità delle onde di taglio nella copertura. Gli edifici a loro volta sono caratterizzati da un periodo proprio di vibrazione che dipende essenzialmente dall'altezza, comportandosi essi come degli "oscillatori semplici" (pendoli).

Quando il periodo di risonanza del terreno coincide con il periodo fondamentale di vibrazione del fabbricato si ha la "doppia risonanza", con effetti particolarmente dannosi.

HVSR

Sampling frequency: 300 Hz

Recording start time: 2020/10/17 11:52:08

Recording length: 20.35 min

Windows count: 20

Average windows length: 30

Signal coverage 49.14%



Selected f_0 frequency

31.998 Hz

A_0 amplitude = 4.487

Average f_0 = 31.847 ± 0.465

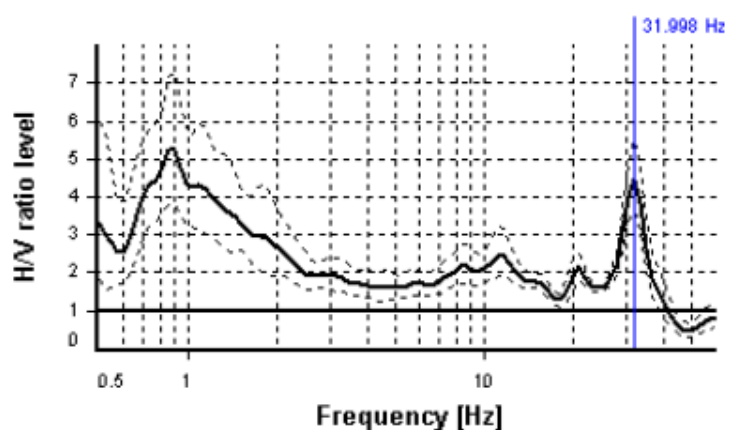


Figura 25: Immagini relative all'ubicazione della prova HVSR1 ed alla strumentazione GeoBox della Sara electronics instruments.

7.3 PROVE PENETROMETRICHE DPSH (Dynamic Probing Super Heavy)

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere verticalmente nel terreno una punta conica metallica (di caratteristiche standardizzate) posta all'estremità di un'asta di acciaio, prolungabile con l'aggiunta di successive aste, mediante battitura facendo cadere da un'altezza pari a 75 cm un maglio di peso pari a 63,5 kg in accordo con lo standard dell'International Society of Soil Mechanics and Foundation Engineering. Si contano i colpi necessari per la penetrazione di ciascun tratto di lunghezza standard pari a 20cm, ottenendo la resistenza del terreno come funzione inversa della penetrazione per ciascun colpo e, diretta, del numero di colpi (N_{20}) per una data penetrazione.



Figura 26: Stralcio in scala con l'ubicazione delle indagini geotecniche DPSH.

Come già accennato in premessa, al fine di ottenere ulteriori indicazioni sulle principali caratteristiche fisiche e meccaniche dei terreni di fondazione, come richiesto dal vigente regolamento regionale, sono state effettuate **due prove penetrometriche superpesanti (DPSH)** spinte sino al rifiuto strumentale. Le prove penetrometriche dinamiche superpesanti sono state realizzate con penetrometro dinamico superpesante della casa PAGANI GEOTECHNICAL EQUIPMENT con le seguenti caratteristiche:



Motore	<i>Tipo</i>	Benzina; 2 cil.; V
	<i>Potenza [HP (kW) - RPM]</i>	16 (12) - 3600
	<i>Raffreddamento</i>	Aria
Traslazione	<i>Cingolato a trasmissione idrostatica</i>	Cingolato Gomm.
	<i>Velocità di traslazione [km/h]</i>	0 + 1.8
	<i>Pendenza max. %</i>	25
Pompa idraulica	<i>Numero di pompe</i>	2
	<i>Max. pressione operativa [bar]</i>	250
Stabilizzatori	<i>Numero</i>	3
	<i>Tipo</i>	Idraulico



L'interpretazione dei dati penetrometrici fornisce utili informazioni relative alla verticale stratigrafica attraversata servendosi dei dati di geologia di base e dei rilievi di superficie.

Per questo tipo di penetrometro DPSH i risultati diretti della prova (N_{20} - colpi alla punta) vengono correlati a quelli di N_{SPT} secondo la seguente formula (Cestari, 2005):

$$N_{SPT} (60\%) = C N_{20} (60\%)$$

dove:

$C = 1.5 \div 2.0$ nei terreni con ghiaie

$C = 2.0 \div 2.8$ nelle sabbie

$C = 2.8 \div 4.0$ nelle argille \pm limose.

Tabella 3: Caratteristiche meccaniche del penetrometro Superpesante PAGANI 63/100.

In seguito si riporta l'elaborazione grafica della prova DPSH:

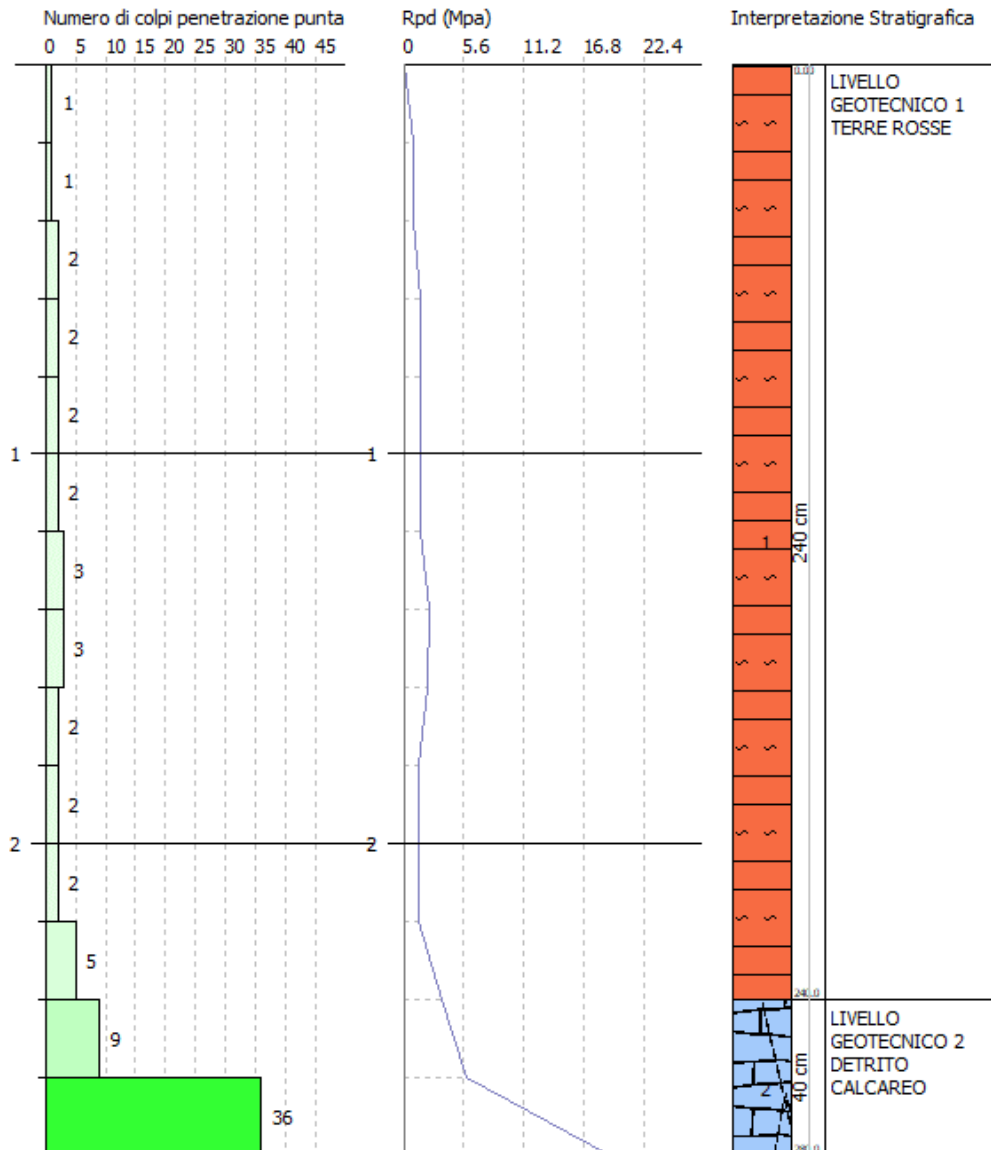
GEOLOGO RUBEIS LUCA
SANT'ANATOLIA DI BORGOROSSE RIETI
VIA EQUICOLA COMUNA 75 - 02021
TEL 3497741239 E-MAIL RUBEIS.LUCA@GMAIL.COM

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH GEOL RUBEIS LUCA
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente:
Cantiere:
Località: MARSIA

Data: 05/04/2021

Scala 1:15



SIGNATURE 1

SIGNATURE 2

I risultati ricavati dalle verticali realizzate dalle prove penetrometriche DPSH, mettono in evidenza come al di sotto della struttura, vi sia uno spessore di circa 2,40 m di depositi di alterazione – terre rosse, sovrastanti detrito calcareo.

La prova DPSH realizzata, è stata protratta sino alla profondità di 2,8 m dal P.C.

Al fine di favorire una visione complessiva dei risultati ottenuti, si rimanda agli elaborati allegati per i dettagli.

I risultati ricavati dalla prova penetrometrica DPSH mettono in evidenza come il terreno di sedime, sia caratterizzato da un litotipo con medie caratteristiche geotecniche.

È stato possibile individuare 2 livelli caratterizzati da diverso comportamento geotecnico.

- **LIVELLO GEOTECNICO 1** → Profondità fino ad almeno 2.4 m dal P.C. **N_{SPT} 3.31**
- **LIVELLO GEOTECNICO 2** → Profondità fino ad almeno 2.8 m dal P.C. **N_{SPT} 33.12**

La caratterizzazione geotecnica di tali litologie, è riportata nel capitolo 9.

Al fine di favorire una visione complessiva dei risultati ottenuti, si rimanda agli elaborati allegati per i dettagli.

La soggiacenza della falda idrica si attesta a profondità maggiori di 15 m dal P.C.

8 AZIONI SISMICHE DI PROGETTO

Conformemente a quanto emanato **NTC 2018** si forniscono di seguito, per diversi tempi di ritorno, i valori di **ag**, **Fo**, **Tc***, nonché gli spettri di risposta elastici tarati sul terremoto di progetto calcolato in funzione della posizione geografica del sito in oggetto.

I grafici e le tabelle di seguito riportati sono stati ottenuti con l'ausilio del **software Geostru PS** della Geostru software (<https://geoapp.eu/parametrisismici2018/>).

Il primo passo, è stato quello dell'individuazione della pericolosità sismica di base del sito, per fare ciò è stata effettuata una ricerca per coordinate, inserite nel sistema di riferimento ED50.



Sito in esame: TAGLIACCOZZO (AQ)

Coordinate WGS84 33N: Lat: 42.065887° Lon: 13.192810°

Coordinate ED50: Lat: 42.066868° Lon: 13.193723°

Le azioni sismiche, per ciascuna costruzione, vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava per ciascun tipo di costruzione, moltiplicando il valore della Vita Nominale V_N che nel nostro caso è di 50 anni per un coefficiente d'uso C_u che per una struttura in oggetto, ricadente in **classe d'uso II** è di 1.

$$V_R = V_N \cdot C_u$$

Il risultato, è un periodo di riferimento di 50 anni.

Parametri sismici

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1
Periodo di riferimento:	50 anni
Coefficiente C_u :	1
Interpolazione	Media ponderata

Si riportano i valori dei parametri di a_g , F_0 , T_c^* , per i periodi di ritorno T_R , associati a ciascuno Stato Limite.

STATO LIMITE	Probabilità di superamento	T_R (anni)	a_g (g)	F_0 (-)	T_c^* (s)
SLO	81	30	0.061	2.487	0.273
SLD	63	50	0.076	2.471	0.285
SLV	10	475	0.183	2.425	0.339
SLC	5	975	0.230	2.460	0.355

Tabella 4: Valori dei parametri azione T_R , a_g , F_0 e T_c^* per i diversi stati limite

Si riportano in seguito i valori dei Coefficienti Sismici per i diversi Stati Limite.

Coefficienti sismici	SLO	SLD	SLV	SLC
SS	1.50	1.50	1.43	1.36
CC	1.61	1.50	1.43	1.48
St	1.00	1.00	1.00	1.00
Kh	0.000	0.054	0.100	0.000
Kv	--	0.027	0.050	--
Amax	0.900	1.117	2.569	3.065
Beta	--	0.470	0.380	--

Tabella 5: valori dei diversi Coefficienti Sismici per i diversi Stati Limite. Geostru software - <https://geoapp.eu/parametrisismici2018/>

Una volta definiti il terremoto di progetto atteso ed i parametri di scuotimento relativi a suoli rigidi, è possibile tenere in considerazione (seppur in prima approssimazione) gli effetti amplificativi di sito e topografici utilizzando le categorie di suolo di fondazione.

9 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Analizzando e confrontando i dati relativamente alle indagini svolte, ed integrando questi con i dati relativi al rilievo geologico di campagna, è stato possibile ricostruire il modello geologico tecnico della porzione di sottosuolo interessata dall'opera di progetto.

Si riporta in seguito la stratigrafia di dettaglio dell'area con i relativi parametri geotecnici associati.

I dati riportati nella tabella in seguito sono stati ricavati tramite correlazioni empiriche dalla prova DPSH eseguita.

I parametri relativi alle prove DPSH sono stati elaborati per terreni INCOERENTI.

La prova DPSH 1 è stata spinta sino alla profondità di 2.8 m dal P.C., quando ha mostrato rifiuto strumentale a causa della presenza di un litotipo consistente.

Parametri geotecnici caratteristici proposti (PER MAGGIORE SCELTA SI RIMANDA AGLI ALLEGATI).

DA 0 AD ALMENO 2.4 m dal P.C. LIVELLO GEOTECNICO 1 – TERRE ROSSE		
Classificazione AGI	SCIOLTO	A.G.I. (1977)
Peso unità di volume	$\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$	Meyerhof ed altri
Densità relativa	$D_r = 16.19 \%$	Skempton 1986
Angolo di resistenza al taglio	$\phi = 27^\circ$	Meyerhof (1956)
Coesione non drenata	$C_u = 13.2 \text{ KPa}$	<u>U.S.D.M.S.M</u>
Modulo Edometrico	$E^d = 2.30 \text{ MPa}$	Farrent 1963
Modulo di Young	$Y = 2.60 \text{ MPa}$	Schmertmann (1978)
Modulo di Poisson	$P = 0.35$	A.G.I.
Modulo di Taglio dinamico	$G = 27 \text{ MPa}$	MASW

DA 2.4 AD ALMENO 5.0 m dal P.C. LIVELLO GEOTECNICO 2 – DETRITO CALCAREO		
Classificazione AGI	ADDENSATO	A.G.I. (1977)
Peso unità di volume	$\gamma_t = 16.93 \text{ kN/m}^3$	Meyerhof ed altri
Densità relativa	$D_r = 66.52 \%$	Skempton 1986
Angolo di resistenza al taglio	$\phi = 32^\circ$	Malcev (1964)
Modulo Edometrico	$E^d = 23.06 \text{ MPa}$	Farrent 1963
Modulo di Young	$Y = 25.98 \text{ MPa}$	Schmertmann (1978)
Modulo di Poisson	$P = 0.29$	A.G.I.
Modulo di Taglio dinamico	$G = 123-953 \text{ MPa}$	MASW

10 CONCLUSIONI E FATTIBILITA' DELL'OPERA

Riassumendo quanto segue per il sito di intervento in base alle indagini eseguite:

Le prove eseguite hanno permesso di indagare direttamente ed indirettamente il volume di sottosuolo come previsto dalle NTC18.

L'intervento ricade in una zona urbanizzata e ben conosciuta dal punto di vista geologico.

- **Assenza di dissesti idro-geomorfologici e/o idraulici;**
- **L'area d'interesse, può essere definita stabile dal punto di vista geomorfologico in quanto non sono presenti fenomeni di instabilità gravitativa;**
- **Categoria di suolo di fondazione C;**
- **Categoria topografica T1;**
- **La soggiacenza della falda idrica si attesta a profondità maggiori di 15 m dal P.C.;**
- **Assenza di cavità sinkhole e di sacche di gas;**
- **Esclusione di fenomeni di alluvionamento, esclusione di fenomeni di impaludamento;**
- **Esclusione della verifica a liquefazione dei terreni;**
- **Da dati bibliografici catalogo CEDIT non si ha memoria di eventi di liquefazione avvenuti nel Comune di Tagliacozzo;**
- **Area di studio non rientra nello studio di I livello di Microzonazione sismica;**
- **Zona sottoposta a Vincolo Idrogeologico (si necessita del Nulla Osta);**
- **Area non rientrante nelle zone perimetrate a rischio idrogeologico e idraulico dell'A.d.B. di appartenenza.**

Considerati i fattori esposti sopra, considerato che il **Comune di Tagliacozzo (AQ)** è classificato in **Zona Sismica 2**, si può ragionevolmente ritenere che la pericolosità geologica del sito sia media.

PERICOLOSITA'	INDICE	DESCRIZIONE
Geomorfologica	BASSO	Area debolmente acclive non compresa nelle cartografie dell'Autorità di Bacino e Distretto di appartenenza.
Geologica	BASSO	Dovuta alla stratigrafia dell'area.
Idrologica	BASSO	Area non compresa nelle cartografie dell'Autorità di Bacino e Distretto di appartenenza.
Idrogeologica	BASSO	La soggiacenza della falda idrica si attesta a profondità maggiori di 15 m dal P.C.
Sismica	MEDIO	Zona Sismica 2

Lo studio geologico-tecnico sui terreni di fondazione interessati dalla progettazione dell'opera, è stato realizzato mediante la realizzazione di mirate indagini di sito (prove penetrometriche dinamiche, prove sismiche di superficie).

Tali indagini, corroborate dalle conoscenze pregresse sulla geologia dell'area in possesso della scrivente e dai rilevamenti di campagna eseguiti nell'area comunale, ha permesso di ricostruire la successione stratigrafica, la natura litotecnica e le caratteristiche sismiche dei terreni di fondazione dell'opera.

Il complesso dei risultati ottenuti fornisce al progettista incaricato i dati sul terreno di fondazione che consentono di valutare le interazioni terreno-struttura nel rispetto delle vigenti norme tecniche per le costruzioni in zona sismica.

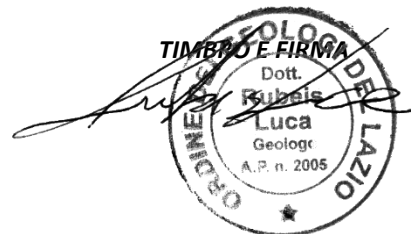
Per un corretto intervento progettuale, si raccomanda di attenersi alle seguenti prescrizioni:

- *il sedime delle fondazioni dovrà essere costituito da terreni omogenei dal punto di vista tecnico, privi di eteropie laterali; sarà cura della DL, in fase di realizzazione del piano di posa, verificare che ciò effettivamente avvenga;*
- *particolare cura dovrà essere posta nella regimazione delle acque di pioggia nell'intorno dell'opera da realizzare, evitando episodi ristagno e/o allagamento, al fine di non generare forme di dissesto sul piano di fondazione;*
- *i terreni scavati, riadoperati in sito oppure portati a discarica autorizzata, dovranno rispettare quanto stabilito dal D.L. vo n. 152/06, dal D.L. vo n. 04/2008 e succ. mod.*

È possibile dunque affermare che l'opera in progetto si integra con lo scopo principale del Vincolo Idrogeologico. La realizzazione dell'opera, non intaccherà in alcun modo l'ambiente fisico e ne comprometterà la stabilità dello stesso. Le misure di salvaguardia faranno sì che non verranno innescati fenomeni erosivi escludendo così la possibilità di danni al pubblico.

Si ritiene pertanto che l'opera rispecchia i requisiti di fattibilità geologica.

Si rimane a disposizione della Committenza per eventuali ed ulteriori chiarimenti.



11 ALLEGATI

ORTOFOTO SATELLITARE

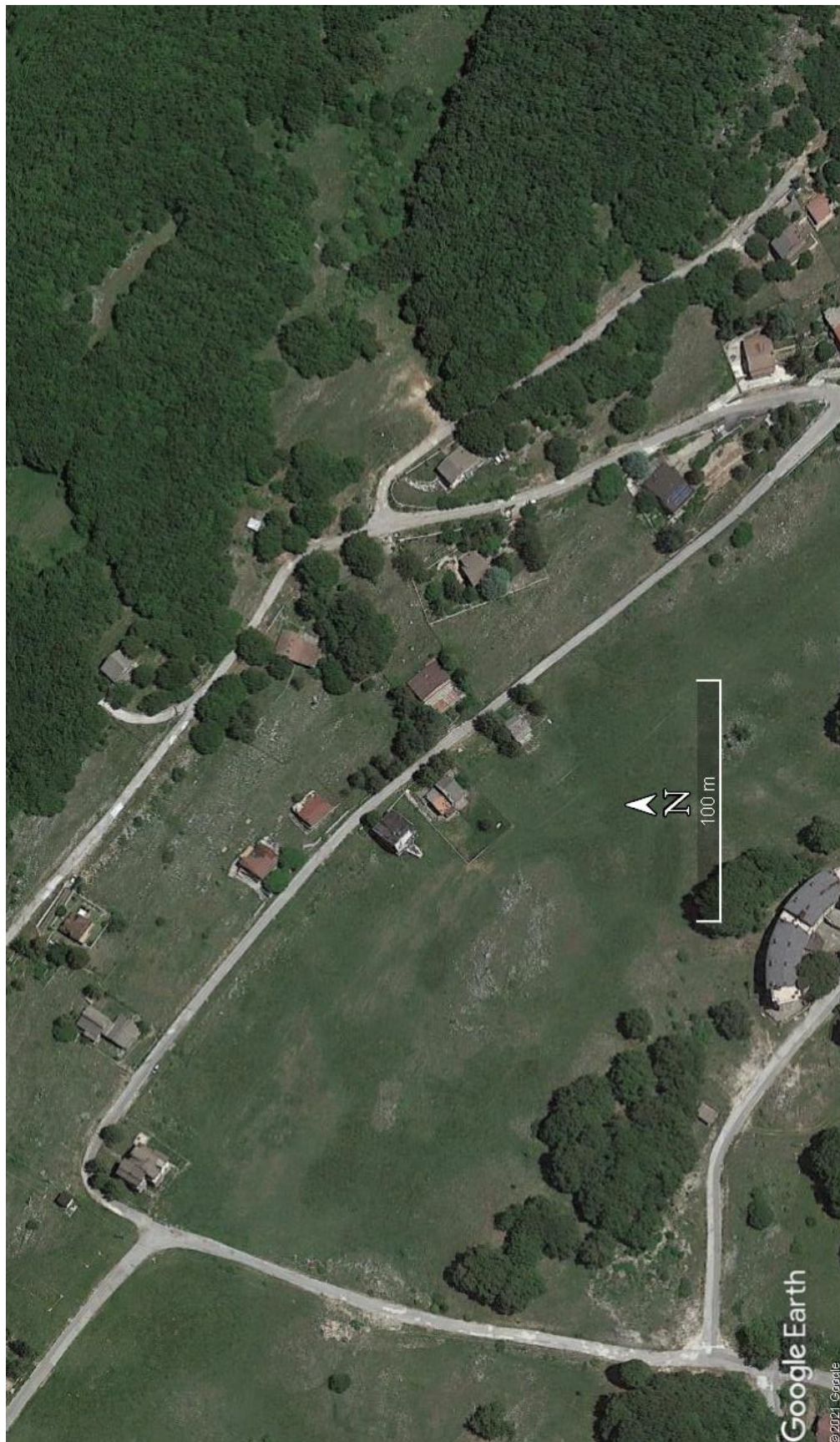
CTR 1:5.000 – REGIONE ABRUZZO

CTR 1:10.000 – REGIONE ABRUZZO

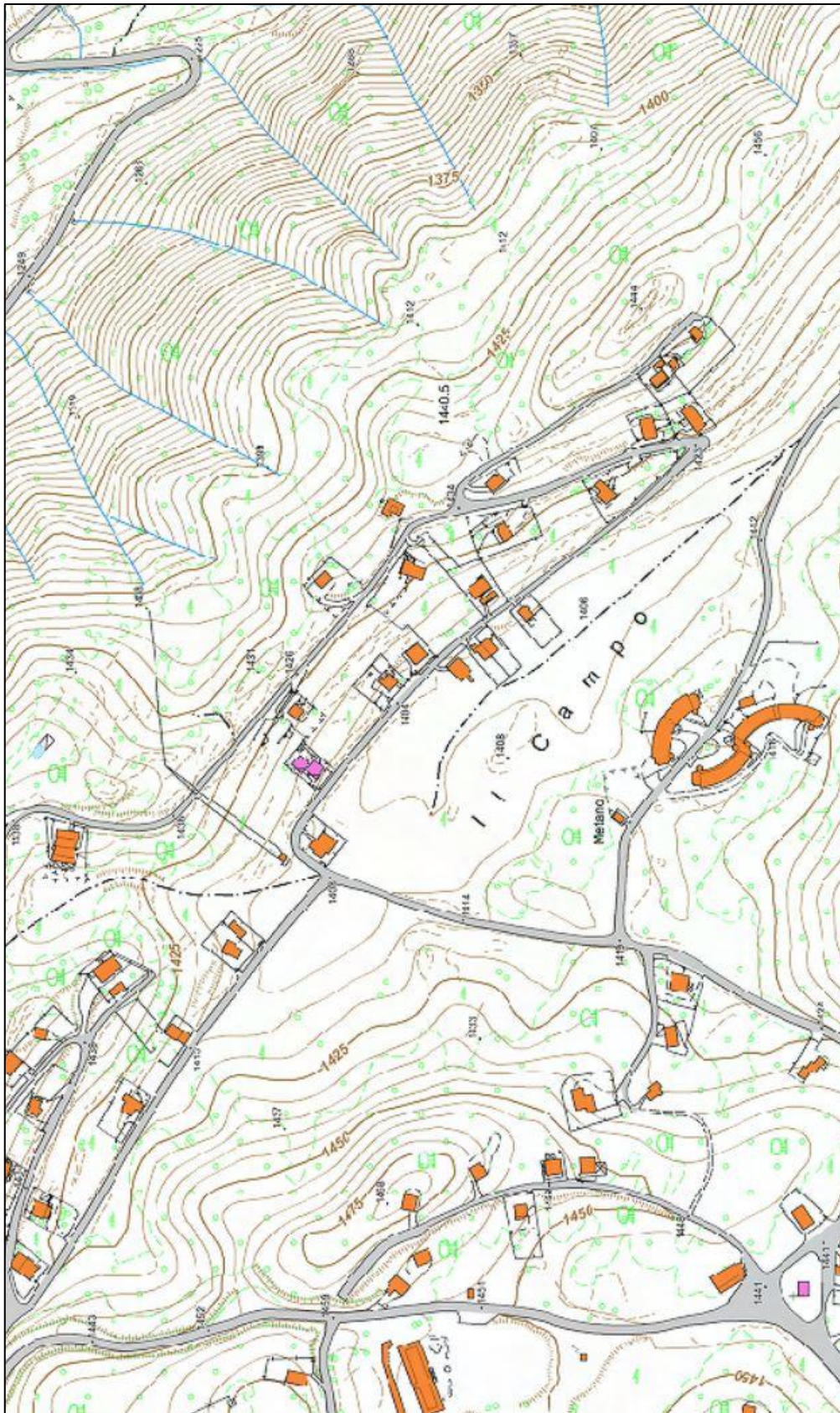
CARTA TOPOGRAFICA IGM 1:25.000

REPORT INDAGINI

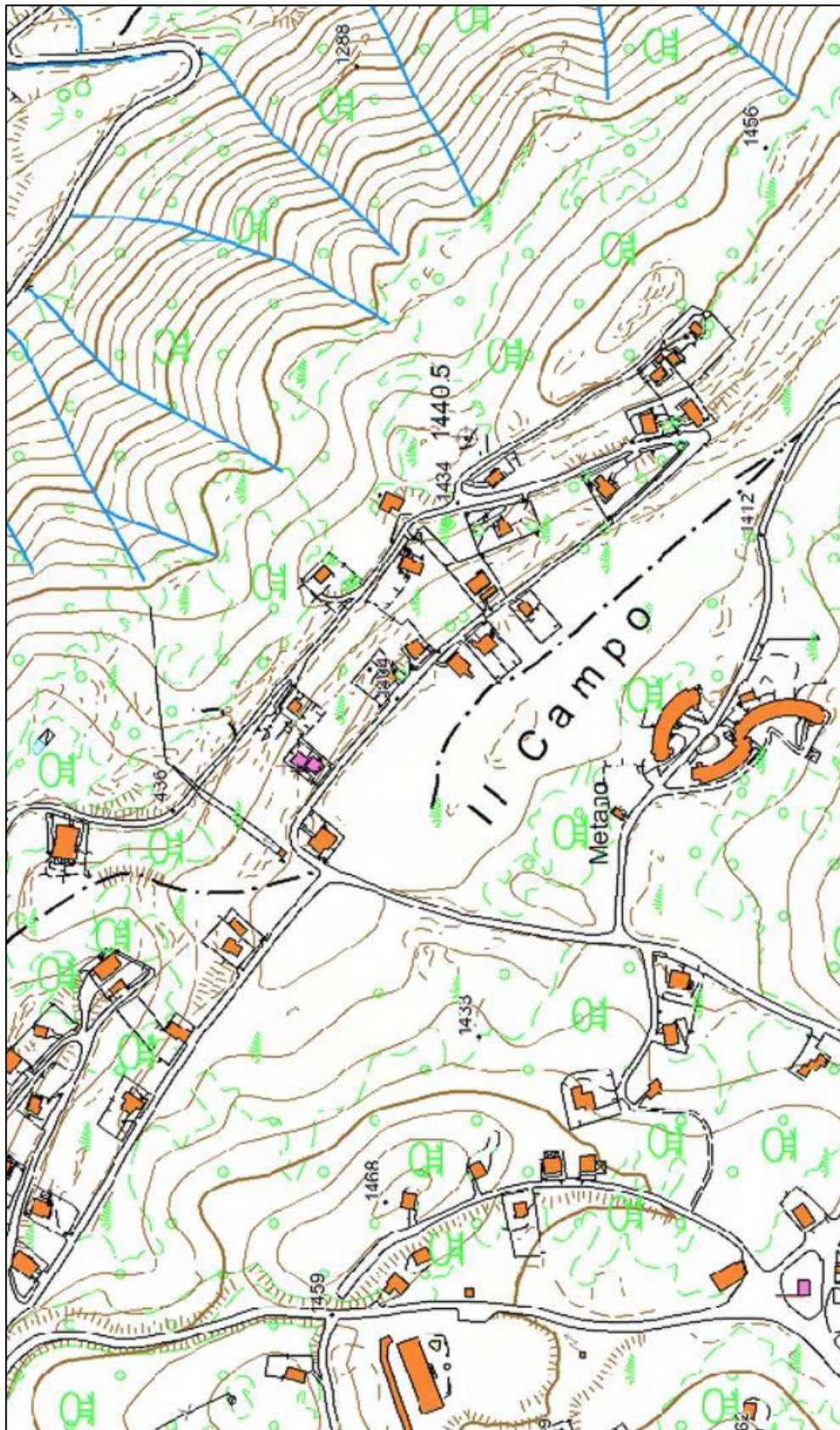
ORTOFOTO SATELLITARE



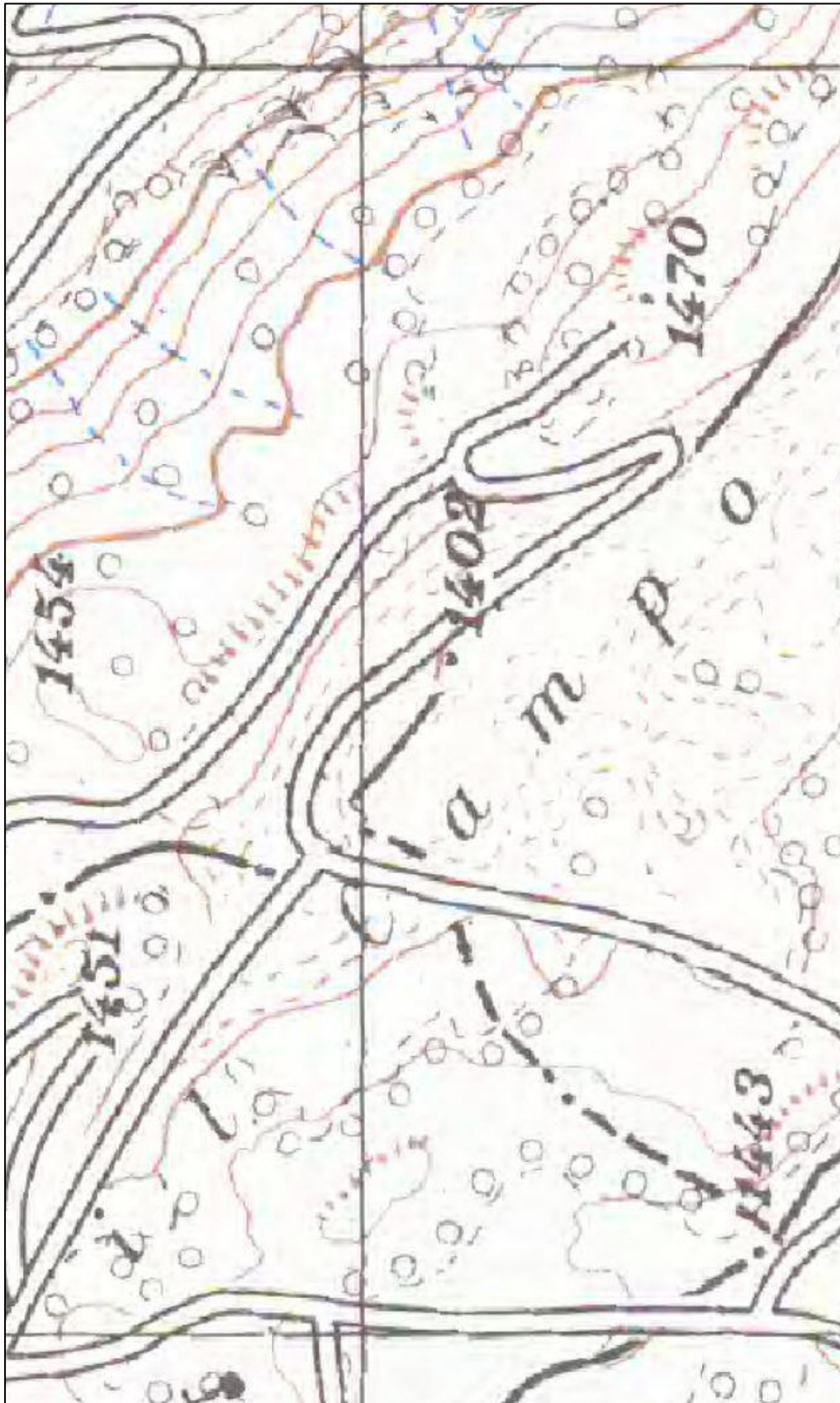
CTR 1:5.000 – Regione Abruzzo



CTR 1:10.000 – Regione Abruzzo



CARTA TOPOGRAFICA IGM 1:25.000



REPORT INDAGINI

ELABORATI PROVE MASW:

Strumento utilizzato: DoReMi della Sara Electronics s.r.l.

Il sismografo è alimentato da un pack di batterie ricaricabili poste all'interno dell'unità di interfaccia.

Gli elementi fondamentali della strumentazione sono:

- Un'interfaccia DoReMi master dotata di batterie incorporate;
- Un alimentatore per ricaricare le batterie dell'interfaccia;
- Un adattatore RS232-USB;
- Due terminatori della catena strumentale;
- N° 12 digitalizzatori o canali sismografici DoReMi più uno starter con geofoni a 4,5 Hz;
- Una mazza battente da 10 kg con piastra di alluminio per l'energizzazione.

L'interfaccia, anche detta unità di testa, presiede all'alimentazione dello strumento, alla corretta comunicazione con il personal computer e soprattutto all'erogazione precisa del segnale di start proveniente dalla fonte di energizzazione.

SISMOGRAFO DOREMI

Caratteristiche tecniche

<i>Architettura</i>	
Classe strumentale:	sismografo multicanale per geofisica
Topologia:	rete differenziale RS485 half-duplex multipoint
Lunghezza massima della rete:	1200 metri senza ripetitori (virtualmente illimitata con ripetitori)
Numero massimo di canali per tratta:	255
Dimensioni dell'elemento (escluso il cavo):	80x55x18 mm
Peso:	250 g (un elemento con lunghezza cavo 5 metri)
Cavo:	4 conduttori, 2 coppie ritorte, robotico resistente a torsioni, flessio-torsioni, abrasioni ed agenti chimici
<i>Campionamento</i>	
Memoria:	64 KByte (>30000 campioni)
Frequenze in Hz:	200,300,400,500,800,1000,2000,3000,4000, 8000,10000,20000
pari ad intervalli in ms di:	5, 3,33, 2.5, 2, 1.25, 1, 0.5, 0.33, 0.25, 0.125, 0.1, 0.05
Esempi di utilizzo della memoria:	ReMi: 500Hz, t-max 60 secondi MASW: 4000Hz, t-max 7.5 secondi Riflessione: 20000Hz, t-max 1.5 secondi
<i>Dinamica del sistema</i>	
Risoluzione con guadagno 10x:	7.600 μ V
Risoluzione con guadagno 1000x:	0.076 μ V
Dinamica di base:	96dB (16 bit)
Dinamica massima del preamplificatore:	80dB
Signal to Noise Ratio RMS fra 0.5 e 30Hz:	>90dB
Full range a 10x:	0.5V p-p
Risoluzione RMS a 1000x e 4000SPS:	0.000002V p-p
Dinamica totale teorica:	155dB
Dinamica totale senza postprocessing:	> 127dB (a qualsiasi frequenza di campionamento)
Dinamica totale in postprocessing:	>140dB
<i>Alimentazione</i>	
Tensione di alimentazione:	10-15Vdc
Consumo:	
Unità di testa:	20mA
Per Canale:	40mA
Consumo totale 12 canali:	510mA
<i>Convertitore A/D</i>	
Tipologia:	SAR
Risoluzione:	16 bit
Dinamica:	96 dB
<i>Preamplificatore</i>	
Tipologia:	ultra-low noise con ingresso differenziale
Filtri:	3Hz passa alto 1 polo, 200Hz passa basso 4 poli
Guadagni:	da 10x a 8000x
Reiezione di modo comune:	>80dB
Diafonia (crosstalk):	non applicabile (elementi singoli a trasmissione digitale)
Impedenza d'ingresso:	>100k Ω

La geofisica osserva il comportamento delle onde che si propagano all'interno dei materiali. Un segnale sismico, infatti, si modifica in funzione delle caratteristiche del mezzo che attraversa. Le onde possono essere generate in modo artificiale attraverso l'uso di masse battenti, di scoppi, etc.

Moto del segnale sismico

Il segnale sismico può essere scomposto in più fasi ognuna delle quali identifica il movimento delle particelle investite dalle onde sismiche. Le fasi possono essere:

- **P**-Longitudinale: onda profonda di compressione;
- **S**-Trasversale: onda profonda di taglio;
- **L**-Love: onda di superficie, composta da onde P e S;
- **R**-Rayleigh: onda di superficie composta da un movimento ellittico e retrogrado.

Onde di Rayleigh – "R"

In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si sono concentrati sulla propagazione delle onde profonde (P ed S) considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare. Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l'analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidità.

Analisi del segnale con tecnica MASW

Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio f-k è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

Modellizzazione

E' possibile simulare, a partire da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità, coefficiente di Poisson, velocità delle onde S e velocità delle Onde P, la curva di dispersione teorica la quale lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

$$v = \lambda \times \nu$$

Modificando i parametri del modello geotecnico sintetico, si può ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale: questa fase è detta di inversione e consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi a differente rigidità.

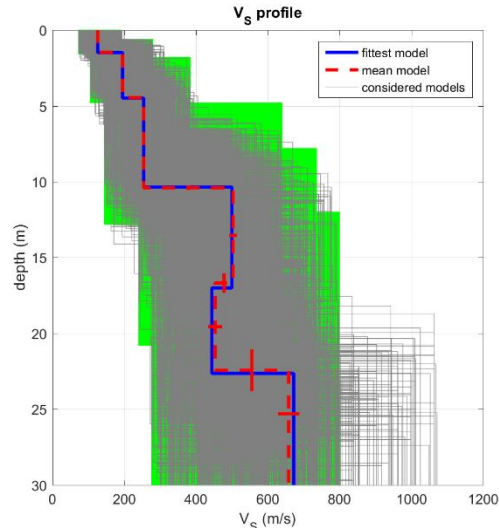
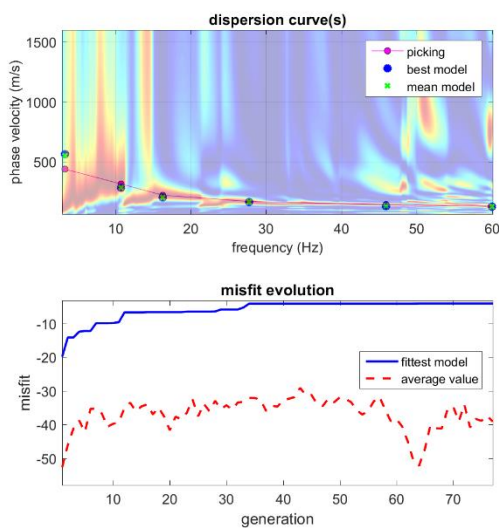
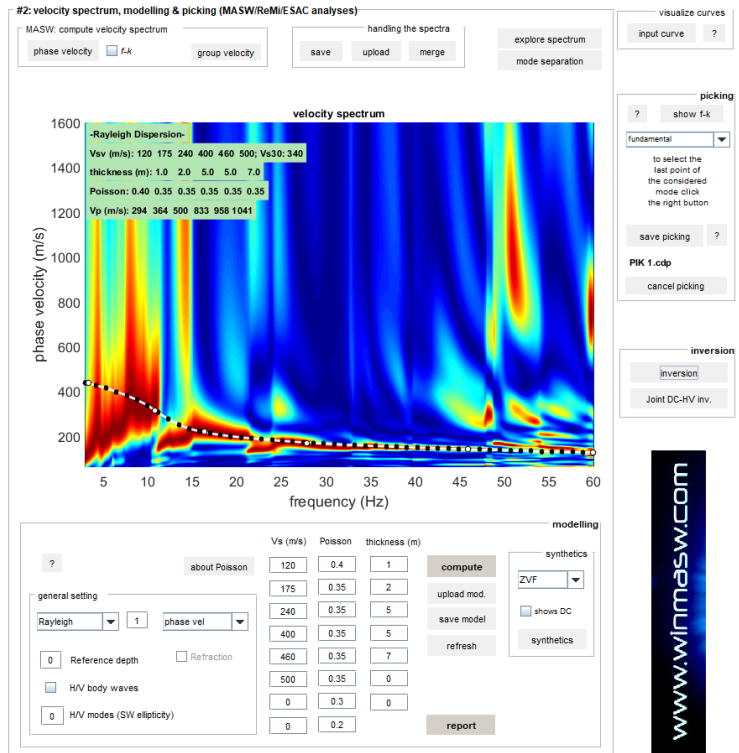
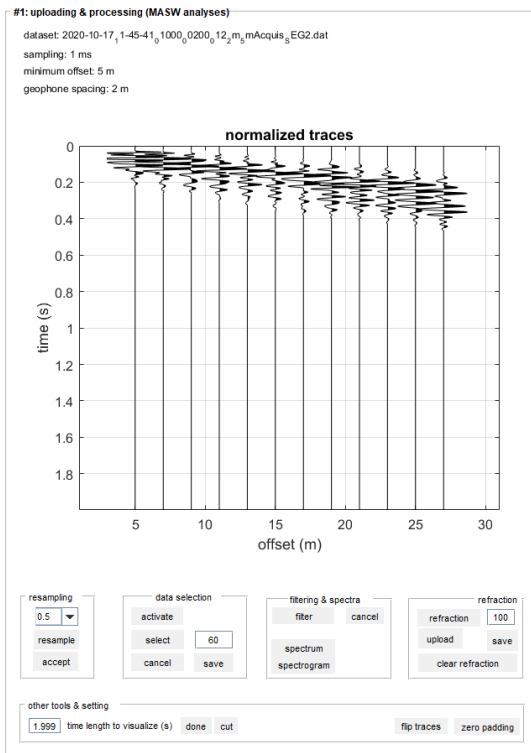
Modi di vibrazione

Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle a profondità elevate.

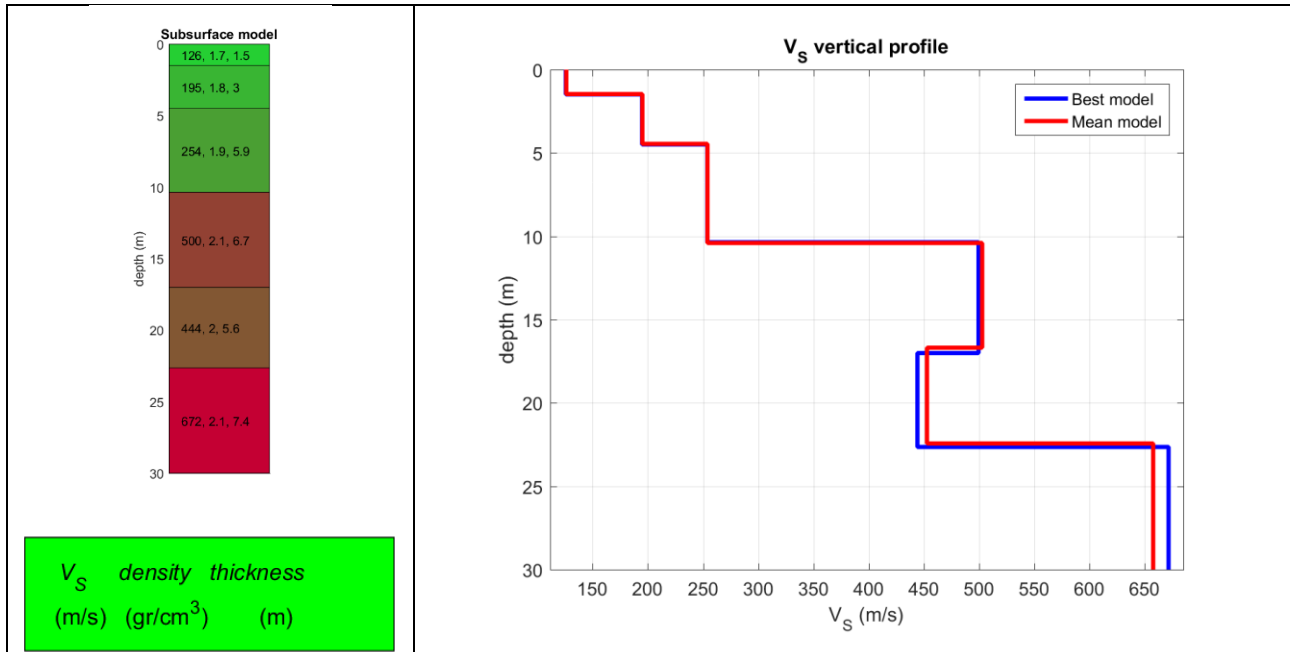
Profondità di indagine

Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.

MASW



dataset: 2020-10-17_1-45-41_1000_0200_12_mAcquis_EG2.dat
 dispersion curve: PIK 1.cdp
 Vs30 (best model): 344 m/s
 Vs30 (mean model): 345 m/s



Risultati

Vseq [m/sec]
Categoria del suolo

345
C

ELABORATI PROVA HVSR

SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 300 Hz

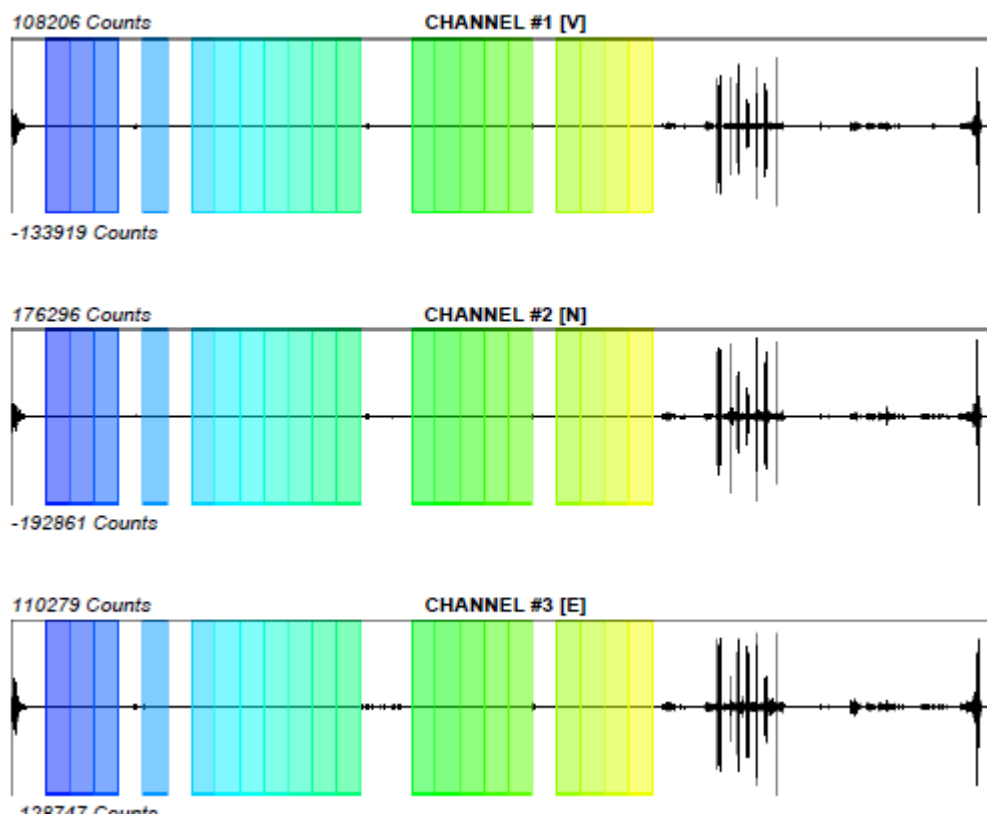
Recording start time: 2020/10/17 11:52:08

Recording length: 20.35 min

Windows count: 20

Average windows length: 30

Signal coverage: 49.14%



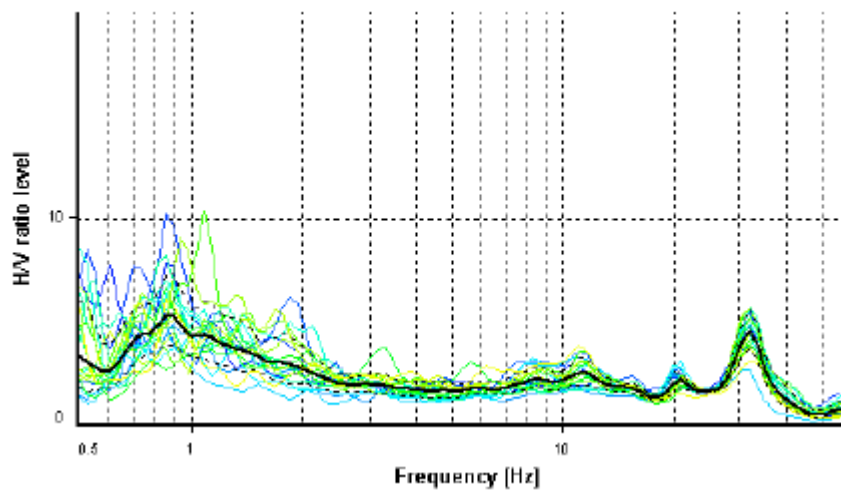
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

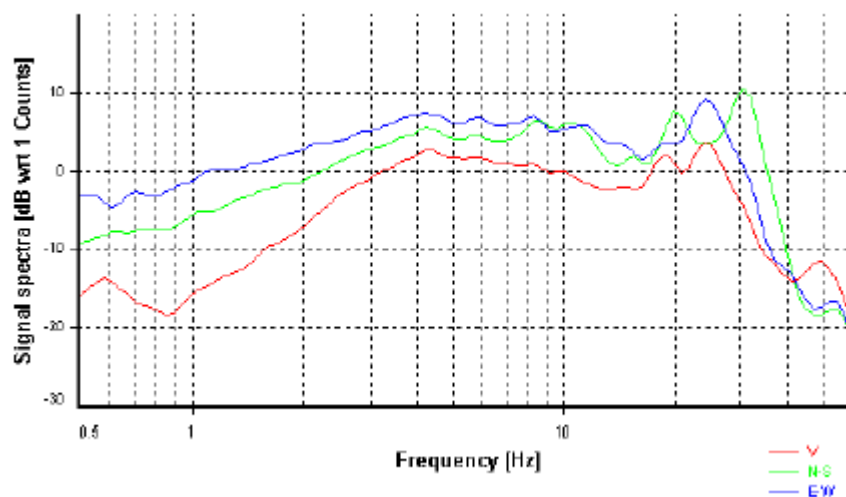
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

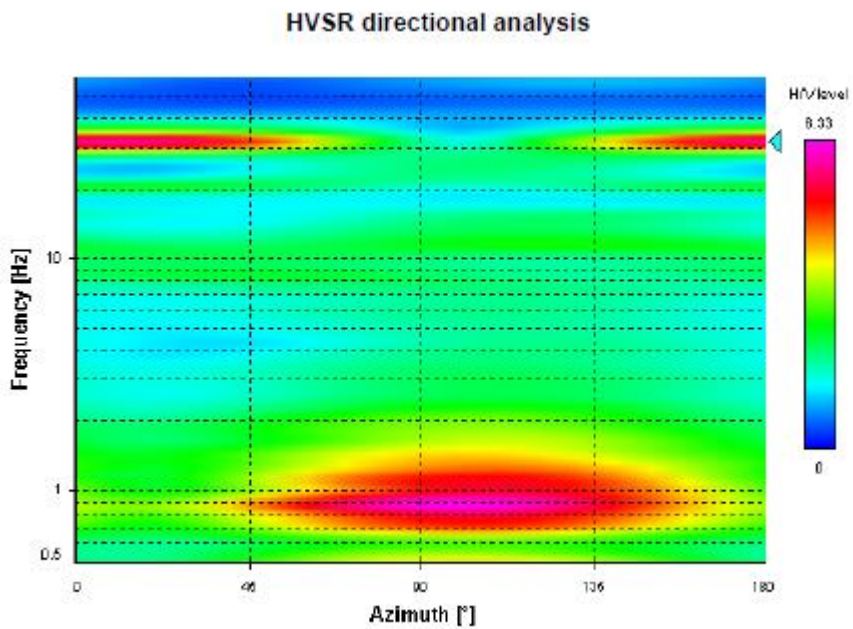
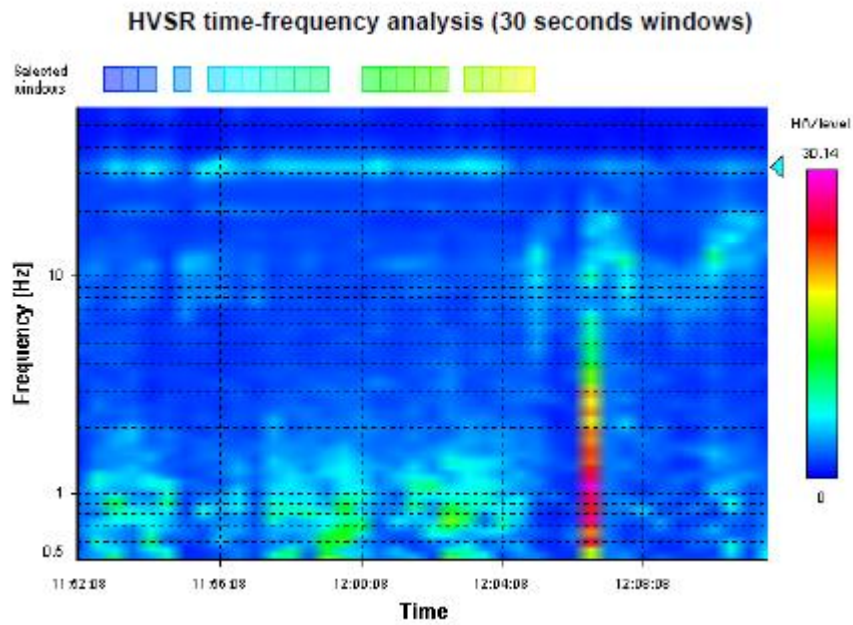
Instrumental correction: Disabled

HVSR average



Signal spectra average





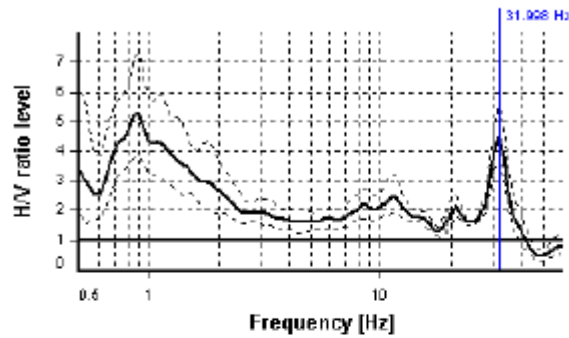
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

31.998 Hz

A_0 amplitude = 4.487

Average $f_0 = 31.847 \pm 0.465$



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	20 valid windows (length > 0.31 s) out of 20	OK
$n_c(f_0) > 200$	19199 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 28	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{HV}(f) < A_0/2$	27.67719 Hz	OK
$\exists f'$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{HV}(f') < A_0/2$	36.99414 Hz	OK
$A_0 > 2$	4.49 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{HV}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.46494 < 1.59992	OK
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.22837 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		OK

DICHIARAZIONE DI CONFORMITA' e CERTIFICATO DI CONTROLLO QUALITA'

SARA electronic instruments s.r.l.
Via Mercuri 4 - 06129 PERUGIA - ITALY
Codice Fiscale e Partita IVA Nr. IT00380320549
N.Reg.RAEE: IT08020000001128
Telefono +39 075 5051014 - Fax +39 075 5006315
email: info@sara.pg.it URL: www.sara.pg.it

dichiara che lo strumento modello:

Geobox

nr. di serie:

1459



è stato progettato, prodotto e/o testato risultando conforme alle seguenti norme armonizzate: EN-61326-1, EN-61326-2-1, EN-61000-3-2, EN-61000-3-3, EN-61000-4-2, EN-61000-4-3, EN-61000-4-4, EN-61000-4-5, EN-61000-4-6, EN-61000-4-8, EN-61000-4-11.



è soggetto alla direttiva RAEE e quindi va smaltito opportunamente. Richiedere maggiori informazioni al produttore, se necessario. Conformità ROHS: non risulta richiesta per la classe di strumento cui appartiene (apparecchiature scientifiche).

prima della consegna è stato sottoposto a tutti i test funzionali richiesti nello specifico ed è risultato conforme agli standard applicabili.

Si raccomanda un controllo e/o calibrazione periodica ogni 2 anni dalla data di rilascio del presente documento.

sara
electronic instruments

Il direttore tecnico: Mauro Mariotti

Data di rilascio: 29/02/2016

CALIBRATION CERTIFICATE

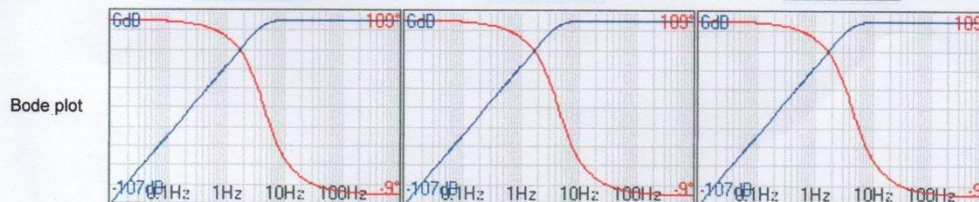


SARA electronic instruments s.r.l.
Via Mercuri 4, 06129 - PERUGIA - Italy
www.sara.pg.it - info@sara.pg.it

Date of calibration:	2016/03/03	
Instrument type:	Velocimeter	
Instrument model:	PF S SR04 GBX-45-NNG	
Serial number:	1459	
Manufacturing date:	MAR 2016	
Validity date:	2016/03/03	to 2018/03/03

TEST CONDITIONS	Channel 1 - Z	Channel 2 - NS	Channel 3 - EW
Shaking table:	SARA MK1	SARA MK1	SARA MK1
Voltmeter:	AGILENT U1252A	AGILENT U1252A	AGILENT U1252A
Signal digitizer:	SR04C3 @ 600 Hz	SR04C3 @ 600 Hz	SR04C3 @ 600 Hz
Signal generator:	TTI TG1010A	TTI TG1010A	TTI TG1010A
Scope meter:	SEISMOCAL 1.0.74	SEISMOCAL 1.0.74	SEISMOCAL 1.0.74
Last system check:			
Temp / Rh:	22,0 °C 51,6%	22,1 °C 53,5%	20,8 °C 48,6%
Environmental seismic noise during test			

Output impedance:	3400	3400	3400 ohm	+/-	5 %
Calibration frequency:	10	10	10 Hz	+/-	0.001 Hz
Calibration displacement:	0	0	0 mm	+/-	0.002 mm
Frequency o.c.:	3.5	3.5	3.7 Hz	+/-	0.1 Hz
Damping o.c.:	0.62	0.62	0.58	+/-	5 %
Applied shunt:	160000	130000	91000 ohm	+/-	1 %
Output frequency:	3.3	3.3	3.3 Hz	+/-	0.1 Hz
Eigen frequency:	4.5	4.5	4.5 Hz	+/-	0.1 Hz
Damping:	0.69	0.69	0.69	+/-	5 %
Generator constant:	79.64	79.58	75.02 V/m/s	+/-	1 %



	Channel 1 - Z	Channel 2 - NS	Channel 3 - EW
POLES	1) Re: -19.509; Im: 20.465 2) Re: -19.509; Im: -20.465	1) Re: -19.509; Im: 20.465 2) Re: -19.509; Im: -20.465	1) Re: -19.509; Im: 20.465 2) Re: -19.509; Im: -20.465
ZEROS	1) Re: 0.000; Im: 0.000 2) Re: 0.000; Im: 0.000	1) Re: 0.000; Im: 0.000 2) Re: 0.000; Im: 0.000	1) Re: 0.000; Im: 0.000 2) Re: 0.000; Im: 0.000
NORMALIZATION FACTOR A0	9.99572E-01 @ 45 [Hz]	9.99572E-01 @ 45 [Hz]	9.99572E-01 @ 45 [Hz]
SYSTEM GAIN	7.96400E+01 V/m/s	7.95800E+01 V/m/s	7.50200E+01 V/m/s

OPERATOR

CHECKED BY

(DYNAMIC PROBING)
DPSH – DPM (... scpt ecc.)

Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi \square) misurando il numero di colpi N necessari.

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M;
- altezza libera caduta H;
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura);
- avanzamento (penetrazione);
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente) :

- tipo LEGGERO (DPL);
- tipo MEDIO (DPM);
- tipo PESANTE (DPH);
- tipo SUPERPESANTE (DPSH).

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

Tipo	Sigla di riferimento	peso della massa M (kg)	prof. max indagine battente (m)
Leggero	DPL (Light)	$M \square 10$	8
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \square M < 60$	25
Super pesante (Super Heavy)	DPSH	$M \square 60$	25

penetrometri in uso in Italia

In Italia risultano attualmente in uso i seguenti tipi di penetrometri dinamici (non rientranti però nello Standard ISSMFE):

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)

massa battente $M = 30$ kg, altezza di caduta $H = 0.20$ m, avanzamento $\varnothing = 10$ cm, punta conica ($\varnothing=60-90^\circ$), diametro $D = 35.7$ mm, area base cono $A=10$ cm² rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)

massa battente $M = 20$ kg, altezza di caduta $H=0.20$ m, avanzamento $\varnothing = 10$ cm, punta conica

($\varnothing= 60-90^\circ$), diametro $D = 35.7$ mm, area base cono $A=10$ cm² rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)

massa battente $M = 73$ kg, altezza di caduta $H=0.75$ m, avanzamento $\varnothing=30$ cm, punta conica ($\varnothing = 60^\circ$), diametro $D = 50.8$ mm, area base cono $A=20.27$ cm² rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;

- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)

massa battente $M=63.5$ kg, altezza caduta $H=0.75$ m, avanzamento $\varnothing=20-30$ cm, punta conica conica ($\varnothing = 60^\circ-90^\circ$) diametro $D = 50.5$ mm, area base cono $A = 20$ cm², rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

Correlazione con N_{spt}

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi N_{spt} ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con N_{spt} . Il passaggio viene dato da:

$$N_{SPT} = \beta_t \cdot N$$

Dove:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Q_{spt} è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

M peso massa battente.

M' peso aste.

H altezza di caduta.

A area base punta conica.

\varnothing passo di avanzamento.

Valutazione resistenza dinamica alla punta R_{pd}

Formula Olandesi

$$R_{pd} = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M + P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M + P)]}$$

R_{pd} resistenza dinamica punta (area A).

e infissione media per colpo (\varnothing/N).

M peso massa battente (altezza caduta H).
P peso totale aste e sistema battuta.

Calcolo di $(N_1)_{60}$

$(N_1)_{60}$ è il numero di colpi normalizzato definito come segue:

$$(N_1)_{60} = CN \cdot N_{60} \text{ con } CN = \sqrt{(Pa/\sigma_{vo})} \quad CN < 1.7 \quad Pa = 101.32 \text{ kPa (Liao e Whitman 1986)}$$
$$N_{60} = N_{SPT} \cdot (ER/60) \cdot C_s \cdot C_r \cdot C_d$$

ER/60 rendimento del sistema di infissione normalizzato al 60%.
 C_s parametro funzione della controcamicia (1.2 se assente).
 C_d funzione del diametro del foro (1 se compreso tra 65-115mm).
 C_r parametro di correzione funzione della lunghezza delle aste.

Metodologia di Elaborazione.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software*.

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini (1983) - Meyerhof (1956) - Desai (1968) - Borowczyk-Frankowsky (1981).

Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati sulle verticali litologiche da poche prove di laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa.

In particolare consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenze alla punta.

Valutazioni statistiche e correlazioni

Elaborazione Statistica

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici di Dynamic Probing, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono :

Media

Media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media minima

Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Massimo

Valore massimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Minimo

Valore minimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Scarto quadratico medio

Valore statistico di scarto dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media deviata

Valore statistico di media deviata dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media (+ s)

Media + scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media (- s)

Media - scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Distribuzione normale R.C.

Il valore di $N_{spt,k}$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, secondo la seguente relazione:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}})$$

dove $\sigma_{N_{spt}}$ è la deviazione standard di N_{spt}

Distribuzione normale R.N.C.

Il valore di $N_{spt,k}$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, trattando i valori medi di N_{spt} distribuiti normalmente:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}}) / \sqrt{n}$$

dove n è il numero di letture.

Pressione ammissibile

Pressione ammissibile specifica sull'interstrato (con effetto di riduzione energia per svergolamento aste o no) calcolata secondo le note elaborazioni proposte da Herminier, applicando un coefficiente di sicurezza (generalmente = 20-22) che corrisponde ad un coefficiente di sicurezza standard delle fondazioni pari a 4, con una geometria fondale standard di larghezza pari a 1 m ed immersione $d = 1$ m.

Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

Liquefazione

Permette di calcolare utilizzando dati N_{spt} il potenziale di liquefazione dei suoli (prevalentemente sabbiosi).

Attraverso la relazione di *SHI-MING (1982)*, applicabile a terreni sabbiosi, la liquefazione risulta possibile solamente se N_{spt} dello strato considerato risulta inferiore a N_{spt} critico calcolato con l'elaborazione di *SHI-MING*.

Correzione N_{spt} in presenza di falda

$$N_{spt\ corretto} = 15 + 0.5 \cdot (N_{spt} - 15)$$

N_{spt} è il valore medio nello strato

La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda).

Angolo di Attrito

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956) - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 m; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 m per terreni sopra falda e < 8 m per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)

- Meyerhof (1956) - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).
- Sowers (1961)- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 m. sopra falda e < 7 m per terreni in falda) $\varphi > 5$ t/mq.
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38° .
- Malcev (1964) - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m e per valori di angolo di attrito < 38°).
- Schmertmann (1977)- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da Dr %.
- Shioi-Fukuni (1982) - ROAD BRIDGE SPECIFICATION, Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda) $\varphi > 15$ t/mq.
- Shioi-Fukuni (1982) - JAPANESE NATIONALE RAILWAY, Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose.
- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda) $s > 15$ t/mq.
- Meyerhof (1965) - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 m e con (%) di limo > 5% a profondità < 3 m.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

Densità relativa (%)

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie Dr viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Meyerhof (1957).
- Schultze & Menzenbach (1961) per sabbie fini e ghiaiose NC , metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

Modulo Di Young (E_y)

- Terzaghi - elaborazione valida per sabbia pulita e sabbia con ghiaia senza considerare la pressione efficace.
- Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici .
- Schultze-Menzenbach , correlazione valida per vari tipi litologici.
- D'Appollonia ed altri (1970) , correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia.
- Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

Modulo Edometrico

Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia

- Buismann-Sanglerat , correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.
- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

Peso di Volume

- Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

Peso di volume saturo

- Terzaghi-Peck (1948-1967)

Modulo di poisson

- Classificazione A.G.I.

Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)

- Seed-Idriss (1978-1981) . Tale correlazione è valida solamente per sabbie, ghiaie e limi sabbiosi, rappresenta il rapporto tra lo sforzo dinamico medio $\bar{\sigma}$ e la tensione verticale di consolidazione per la valutazione del potenziale di liquefazione delle sabbie e terreni sabbio-ghiaiosi attraverso grafici degli autori.

Velocità onde di taglio Vs (m/s)

- Tale correlazione è valida solamente per terreni incoerenti sabbiosi e ghiaiosi.

Modulo di deformazione di taglio (G)

- Ohsaki & Iwasaki – elaborazione valida per sabbie con fine plastico e sabbie pulite.
- Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per sabbie e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

Modulo di reazione (Ko)

- Navfac (1971-1982) - elaborazione valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Qc)

- Robertson (1983) - Qc

Correlazioni geotecniche terreni coesivi

Coesione non drenata

- Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA (1983).
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con $N_{spt} < 8$, argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
- Terzaghi-Peck (1948). Cu (min-max).
- Sanglerat , da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi , tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensitività > 5 , per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.
- Sanglerat , (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche < 10 colpi, per resistenze penetrometriche > 10 l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche " di Sanglerat.
- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità , (Cu- N_{spt} -grado di plasticità).
- Schmertmann (1975), Cu (Kg/cm²) (valori medi), valida per **argille e limi argillosi** con $N_c = 20$ e $Q_c/N_{spt} = 2$.
- Schmertmann (1975), Cu (Kg/cm²) (valori minimi), valida per argille NC .
- Fletcher (1965), (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata Cu (Kg/cm²), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità.
- Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.
- Shioi-Fukuni (1982), valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.
- Begemann.

- De Beer.

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

- Robertson (1983) - Q_c

Modulo Edometrico-Confinato (M_o)

- Stroud e Butler (1975),- per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a medio-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.
- Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$) - da esperienze su argille glaciali .
- Vesic (1970), correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).
- Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato - M_o (Eed) (Kg/cm^2)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto $Q_c/N_{spt}=1.5-2.0$).
- Buisman-Sanglerat, valida per argille compatte ($N_{spt} < 30$) medie e molli ($N_{spt} < 4$) e argille sabbiose ($N_{spt} = 6-12$).

Modulo Di Young (E_γ)

- Schultze-Menzenbach - (Min. e Max.), correlazione valida per limi coerenti e limi argillosi con I.P. > 15 .
- D'Appollonia ed altri (1983), correlazione valida per argille sature-argille fessurate.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977.

Peso di Volume

- Meyerhof ed altri, valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti.

Peso di volume saturo

- Meyerhof ed altri.

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI
 Prova eseguita in data 05/04/2021
 Profondità prova 2.80 mt
 Falda non rilevata
 GEOL RUBEIS LUCA

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0.20	1	0.855	0.88	1.03	44.03	51.52
0.40	1	0.851	0.88	1.03	43.83	51.52
0.60	2	0.847	1.60	1.89	80.10	94.57
0.80	2	0.843	1.60	1.89	79.75	94.57
1.00	2	0.840	1.59	1.89	79.42	94.57
1.20	2	0.836	1.58	1.89	79.09	94.57
1.40	3	0.833	2.36	2.84	118.15	141.85
1.60	3	0.830	2.17	2.62	108.74	131.08
1.80	2	0.826	1.44	1.75	72.21	87.39
2.00	2	0.823	1.44	1.75	71.93	87.39
2.20	2	0.820	1.43	1.75	71.67	87.39
2.40	5	0.817	3.57	4.37	178.52	218.46
2.60	9	0.814	5.95	7.31	297.58	365.47
2.80	36	0.661	19.34	29.24	966.92	1461.88

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Mpa)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (KN/m³)	Peso unità di volume saturo (KN/m³)	Tensione efficace (KPa)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
2.4	2.25	2.06	Incoerente - coesivo	0	16.28	18.24	19.54	1.47	3.31	LIVELLO GEOTECNICO 1 TERRE ROSSE
2.8	22.5	18.27	Incoerente	0	16.93	20.34	42.46	1.47	33.12	LIVELLO GEOTECNICO 2 DETRITO CALCAREO

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (KPa)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Terzaghi -Peck	Sanglerat	Terzaghi -Peck (1948)	U.S.D.M .S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begeman n	De Beer
[1] - LIVELLO GEOTECNICO 1 TERRE ROSSE	3.31	2.40	20.30	40.60	14.71	13.24	31.48	61.78	29.52	66.69	16.28	30.01	40.60

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Mpa)
[1] - LIVELLO GEOTECNICO 1 TERRE ROSSE	3.31	2.40	Robertson (1983)	0.65

Modulo Edometrico (Mpa)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] - LIVELLO GEOTECNICO 1 TERRE ROSSE	3.31	2.40	1.49	4.87	3.49	4.06

Modulo di Young (Mpa)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] - LIVELLO GEOTECNICO 1 TERRE ROSSE	3.31	2.40	1.73	3.25

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - LIVELLO GEOTECNICO 1 TERRE ROSSE	3.31	2.40	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m³)
[1] - LIVELLO GEOTECNICO 1 TERRE ROSSE	3.31	2.40	Meyerhof	16.28

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m³)
[1] - LIVELLO GEOTECNICO 1 TERRE ROSSE	3.31	2.40	Meyerhof	18.24

Velocità onde di taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - LIVELLO GEOTECNICO 1 TERRE ROSSE	3.31	2.40	Ohta & Goto (1978) Limi	87.16

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - LIVELLO GEOTECNICO 1 TERRE ROSSE	3.31	2.40	15.73	40.29	46.29	16.19
[2] - LIVELLO GEOTECNICO 2 DETRITO CALCAREO	33.12	2.80	60.56	100	100	66.52

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] - LIVELLO GEOTECNICO 1 TERRE ROSSE	3.31	2.40	3.31	27.95	20.95	28.93	30.44	30.95	0	<30	22.05	27.99	28.69	23.14
[2] - LIVELLO GEOTECNICO 2 DETRITO CALCAREO	33.12	2.80	33.12	36.46	29.46	37.27	32.49	40.32	42	32-35	37.29	36.94	47.91	40.74

Modulo di Young (Mpa)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - LIVELLO GEOTECNICO 1 TERRE ROSSE	3.31	2.40	3.31	---	2.60	---	---	---
[2] - LIVELLO GEOTECNICO 2 DETRITO CALCAREO	33.12	2.80	33.12	40.28	25.98	38.40	42.01	23.59

Modulo Edometrico (Mpa)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - LIVELLO GEOTECNICO 1 TERRE ROSSE	3.31	2.40	3.31	---	3.36	2.30	5.17
[2] - LIVELLO GEOTECNICO 2 DETRITO CALCAREO	33.12	2.80	33.12	19.49	9.36	23.06	18.21

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI

[1] - LIVELLO GEOTECNICO 1 TERRE ROSSE	3.31	2.40	3.31	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[2] - LIVELLO GEOTECNICO 2 DETRITO CALCAREO	33.12	2.80	33.12	Classificazione A.G.I	ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m ³)
[1] - LIVELLO GEOTECNICO 1 TERRE ROSSE	3.31	2.40	3.31	Meyerhof ed altri	13.62
[2] - LIVELLO GEOTECNICO 2 DETRITO CALCAREO	33.12	2.80	33.12	Meyerhof ed altri	16.93

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m ³)
[1] - LIVELLO GEOTECNICO 1 TERRE ROSSE	3.31	2.40	3.31	Terzaghi-Peck 1948-1967	18.29
[2] - LIVELLO GEOTECNICO 2 DETRITO CALCAREO	33.12	2.80	33.12	Terzaghi-Peck 1948-1967	20.34

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - LIVELLO GEOTECNICO 1 TERRE ROSSE	3.31	2.40	3.31	(A.G.I.)	0.35
[2] - LIVELLO GEOTECNICO 2 DETRITO CALCAREO	33.12	2.80	33.12	(A.G.I.)	0.29

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Mpa)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - LIVELLO GEOTECNICO 1 TERRE ROSSE	3.31	2.40	3.31	19.64	25.47
[2] - LIVELLO GEOTECNICO 2 DETRITO CALCAREO	33.12	2.80	33.12	171.13	104.04

Velocità onde di taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - LIVELLO GEOTECNICO 1 TERRE ROSSE	3.31	2.40	3.31	Ohta & Goto (1978) Limi	87.16
[2] - LIVELLO GEOTECNICO 2 DETRITO CALCAREO	33.12	2.80	33.12	Ohta & Goto (1978) Limi	150.73

Liquefazione

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] - LIVELLO GEOTECNICO 1 TERRE ROSSE	3.31	2.40	3.31	Seed e Idriss (1971)	--
[2] - LIVELLO GEOTECNICO 2 DETRITO CALCAREO	33.12	2.80	33.12	Seed e Idriss (1971)	--

Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \text{Sigma}_H / P_0$

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K_0
[1] - LIVELLO GEOTECNICO 1 TERRE ROSSE	3.31	2.40	3.31	Navfac 1971-1982	0.59
[2] - LIVELLO GEOTECNICO 2 DETRITO CALCAREO	33.12	2.80	33.12	Navfac 1971-1982	6.03

 Q_c (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Q_c (Mpa)
[1] - LIVELLO GEOTECNICO 1 TERRE ROSSE	3.31	2.40	3.31	Robertson 1983	0.65
[2] - LIVELLO GEOTECNICO 2 DETRITO CALCAREO	33.12	2.80	33.12	Robertson 1983	6.50