Studio associato di geologia applicata
GEOITER

Dott. Geol. Vincenzo D'Angelo
Dott. Geol. Giuseppe Di Giovannantonio
Via Madonna del Carmine civ. 27
81059 Vairano Scalo (CE)
Tel. 3333655718 - 3334292763
P.I. 02034620613
e-mail: geoiter2006@gmail.com
pec: geoiter2006@epap.sicurezzapostale.it

COMUNE DI

GALLO MATESE

PROVINCIA DI CASERTA

INTERVENTI DI STABILIZZAZIONE E CONSOLIDAMENTO DEI DISSESTI IDROGEOLOGICI PRESENTI ALLA BASE DEL MONTE CAPO LE MANDRE IN ZONA A RISCHIO IDROGEOLOGICO MOLTO ELEVATO

Committente: Comune di Gallo Matese

SCI/04: STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROGEOLOGICA TIPO IV

Il Tecnico Incaricato

Dott. Geol. Vincenzo D'Angelo

ORDINE DEI GEOLOGI della Regione Campania
geologo Dr. Vincenzo D'Angelo
Albo N° 943

Data	Codice commessa	Rif. file	Scala
Settembre 2021	l.p._ce_01d.i.	SCI/04	

INDICE

1. Premessa
2. Metodologia di lavoro ed indagini effettuate
3. Vincolo territoriale derivante dal PSAI -Rf-
4. Inquadramento generale dell'area
   - 4.1 Inquadramento territoriale
   - 4.2 Inquadramento geologico
     - 4.2.1 Cenni stratigrafici
     - 4.2.2 Sviluppo delle conoscenze geologogiche
   - 4.3 Schema di circolazione idrica a scala di bacino
     - 4.3.1 Complessi idrogeologici
5. Inquadramento di dettaglio
   - 5.1 Morfologia
   - 5.2 Geologia
   - 5.3 Faglie attive e capaci
6. Caratteristiche meccaniche dell'ammasso roccioso
   - 6.1 Classificazione dell'ammasso roccioso
7. Indagini in-situ
   - 7.1 Indagini geotecniche: Prove penetrometriche dinamiche DPSH
   - 7.2 Indagini geofiche: Prospezioni sismiche MASW
8. Modellazione sismica
   - 8.1 Definizione della pericolosità sismcia di base ed eventi di riferimento
   - 8.2 Determinazione della categoria di suolo fondazionale

9. Comportamento dei terreni di copertura

10. Opere di intervento per la mitigazione del rischio

11. Considerazioni conclusive

Appendice 1 – Certificati DPSH ed elaborazione

Appendice 2 – Certificati MASW

Appendice 3 – Stralcio PSAI - Rf -

1. PREMESSA

Il Comune di Gallo Matese ha dato mandato allo scrivente Dott. Geol. Vincenzo D'Angelo, regolarmente iscritto all'Ordine dei Geologi della Campania al n° 943/1991, di redigere uno Studio di Compatibilità Idrogeologico a corredo del *Progetto di interventi di stabilizzazione e consolidamento dei dissesti idrogeologici presenti alla base del Monte Capo le Mandre in zona a rischio idrogeologico molto elevato.*

Dette aree sono ubicate nell'ambito della dorsale Monte Caruso – Monte Croce – Monte Pietrauta, in un'area di intenso disturbo tettonico.

Il presente studio si è reso necessario in quanto le aree oggetto di studio risultano perimetrata in parte in **Zona A4 ed in Zona C1,** del Progetto di Piano per l'Assetto Idrogeologico –Rischio Frana- (PSAI -Rf) dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino meridionale, approvato ai sensi dell'art. 4, comma 1, lettera c) della Legge n. 183/89 con DPCM del 12.12.2006 e pubblicato sulla G.U. del 28.05.2007 n° 122. L'avviso relativo all'adozione, con delibera n° 1 del Comitato Istituzionale nella seduta del 05 aprile 2006, del P.A.I. –Rf-, è stato pubblicato sulla G.U. del 17.07.2007 n° 164.

Il testo integrale della suddetta delibera, con la quale oltre all'adozione del P.S.A.I. -Rf- sono state adottate nuove misure di salvaguardia in sostituzione di quelle allegate al Piano Straordinario per la rimozione delle situazioni a rischio più elevato, ed è stata sostituita la Carta delle aree a rischio di frana molto

elevato del citato Piano Straordinario, con la Carta degli scenari di rischio dello stesso P.S.A.I. –Rf-.

In particolare, la zona A4 è quella denominata di *alta attenzione* mentre la zona C1 è quella di *possibile ampliamento dei fenomeni cartografati all'interno, ovvero di fenomeni di primo distacco*.

Detto studio di compatibilità è quindi mirato ad approfondire le problematiche di stabilità dell'area in studio ed al grado di rischio presente in essa, nonché a fornire le indicazioni per incrementare la sicurezza dell'area attraverso l'installazione di opere mitigatorie.

2. METODOLOGIA DI LAVORO ED INDAGINI EFFETTUATE

Allo scopo di studiare la situazione litostratigrafica e geotecnica dell'area è stato predisposto il seguente programma d'indagine, preceduto da una fase preliminare basata su:

1. Disamina dei dati presenti in letteratura scientifica;
2. Dati derivanti da un attento e metodico rilievo di superficie sull'area interessata dall'intervento e di quelle contermini ad essa, aventi lo scopo di descrivere tutti gli aspetti geologici e morfologici significativi;
3. Esplorazione diretta dei fronti rocciosi naturali ed antropici esistenti nell'area oggetto d'intervento;
4. Determinazione delle caratteristiche geologiche e morfologiche dell'area oggetto di studio e quella all'intorno di essa, nonché caratterizzazione meccanica della roccia carbonatica ed analisi cinematica dell'ammasso roccioso.
5. Esecuzione del rilievo geomeccanico dei principali fronti rocciosi, finalizzati alla caratterizzazione dell'ammasso roccioso in modo da individuare le aree a maggiore fatturazione, per poi definire gli interventi finalizzati alla messa in sicurezza dell'area in esame;
6. Esecuzione di n° 3 prove penetrometriche dinamiche superpesanti DPSH;
7. Esecuzione di n° 3 prospezioni sismiche MASW.

3. VINCOLO TERRITORIALE DERIVANTE DAL P.S.A.I. -R.F.-

Le aree oggetto di studio rientrano, come detto in premessa, nelle competenze dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino meridionale -ex Autorità di Bacino dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno- (Appendice 3).

In particolare, esse ricadono nelle aree denominate nel PSAI –Rf- come **"** A4 " e " C1 "**.** In particolare:

A4 - Area di alta attenzione : area non urbanizzata, potenzialmente interessata da fenomeni di innesco, transito ed invasione di frane a massima intensità attesa alta.

C1 - Area di possibile ampliamento dei fenomeni franosi cartografati all'interno, ovvero di fenomeni di primo distacco per la quale si rimanda al D.M. LL.PP. 11 marzo 1988 .

Nelle aree a rischio, le norme del piano intendono perseguire i seguenti obiettivi: incolumità delle persone, sicurezza delle strutture, delle infrastrutture e del patrimonio ambientale.

Al fine del raggiungimento di suddetti obiettivi, è vietata qualunque trasformazione dello stato dei luoghi, sotto l'aspetto morfologico, infrastrutturale ed edilizio, tranne che non si tratti:

A) Interventi di demolizione senza ricostruzione;

B) Interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo e ristrutturazione edilizia, così come definito alle lettere a), b), c), d) dell'art. 3 del DPR n° 380 del 6 giungo 2001 e s.m.i. sugli edifici, sulle

opere pubbliche o di interesse pubblico, sulle infrastrutture sia a rete che puntuali e sulle attrezzature esistenti, purchè detti interventi non comportino aumento del carico urbanistico o incremento dell'attuale livello di rischio;

C) Interventi strettamenti necessari a migliorare la tutela della pubblica incolumità e a ridurre la vulnerabilità degli edifici esistenti, che non siano lesivi delle strutture ed infrastrutture adiacenti, senza aumenti di superficie e volumi utili, senza aumento del carico urbanistico o incremento del di unità immobiliari e senza cambiamenti di destinazione d'uso che non siano riconducibili ad un adeguamento degli standard per la stessa unità abitativa;

D) Interventi di riparazione, di adeguamento antisismico e ricostruzione in sito di edifici danneggiati da eventi sismici, qualora gli eventi stessi non abbiano innescato asseverate riattivazioni del fenomeno di dissesto idrogeologico;

E) Realizzazione di nuove infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico riferiti a servizi essenziali non delocalizzabili, purchè l'opera sia progettata ed eseguita in misura adeguata al rischio dell'area e la sua realizzazione non concorra ad incrementare il carico insediativo e non preluda la possibilità di attenuare e/o eliminare le cause che determinano le condizioni di rischio;

F) Interventi atti all'allontanamento delle acque di ruscellamento superficiale e che incrementano le condizioni di stabilità dell'area in frana;

G) Opere di bonifica e sistemazione dei movimenti franosi;

H) Taglio e/o eliminazione delle essenze arboree ed arbustive … omissis ..

Gli interventi previsti nell'area de-quo rientrano nel punto G); ai sensi dell'art. 21 delle NdA del PSAI -Rf- la documentazione tecnico-amministrativa di cui agli

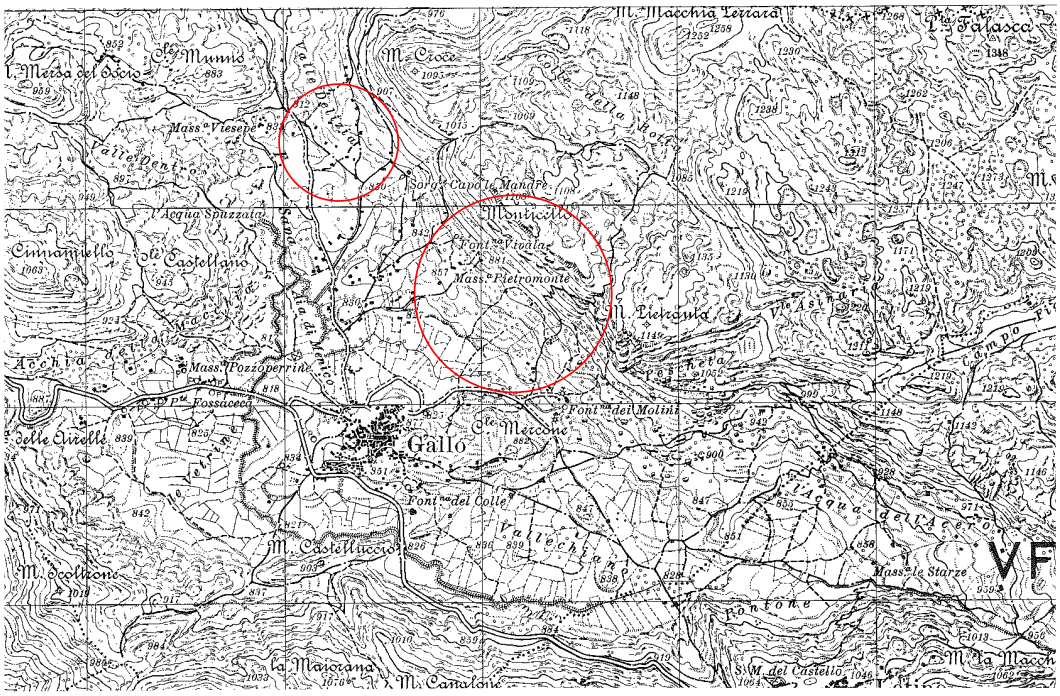
interventi al punto G) deve essere corredata da uno studio di compatibilità idrogeologica tipo IV (SCI/04).

4. INQUADRAMENTO GENERALE

4.1 Inquadramento territoriale

Le aree oggetto di studio ricadono nel Foglio n° 161 "Isernia" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 e nel Foglio n° 161 II N.O. Gallo" della Carta Topografica d'Italia in scala 1: 25.000 .

Di seguito si riporta uno stralcio del F. 161 II N.O., con indicazione delle aree oggetto di studio.



4.2 Inquadramento geologico

Il Massiccio del Matese è un'ampia dorsale carbonatica, appartenente all'unità stratigrafico-strutturale Matese – M. Maggiore (D'Argenio et alii, 1973).

Nelle successioni carbonatiche di questa unità sono presenti termini carbonatici sia in facies di piattaforma che di facies marginale: le prime sono caratterizzate da alternanze calcareo-dolomitiche di età Trias superiore-Cretacico superiore con un tipico livello bauxitico di età Cretacica media (Matese centro-orientale), le seconde da alternanze di calcareniti, calciruditi, diaspri e marne di età Cretacico superiore-Paleogene (Matese nord-occidentale).

Secondo varia autori (Ietto, 1970; Sgrosso, 1988; Amore et alii, 1988), la presenza di questi termini carbonatici di facies diversa è dovuta all'esplicarsi di una importante fase tettonica compressiva, responsabile di consistenti spostamenti tangenziali e di un assetto strutturale a scaglie, risultato del reciproco accavallamento tettonico di distinte unità strutturali.

In corrispondenza delle principali depressioni intramontane del massiccio montuoso (la finestra tettonica di Valle Agricola, Le piane di Letino, Gallo Matese e delle Secine e la depressione del Lago Matese), della Valle del T. Torda e del versante nord-orientale della dorsale del M. Patalecchia, si segnalano le principali linee di accavalamento tettonico, in parte o del tutto riprese dalla tettonica recente. Inoltre, si segnalano fasi tettoniche compressive nell'area di Piedimonte Matese.

4.2.1 Cenni stratigrafici

La successione stratigrafica nel Matese centro-orientale è data da:

- Dolomie bianche e grigie, bituminose, ben stratificate a luoghi con selce (Norico);
- Dolomie e calcari dolomitici, talora detritici, biancastri, con rare impronte di Megalodontiti, livelli di brecce intraformazionali, nella parte superiore. Microfossili assenti (alghe e rari ostracodi) (Lias inferiore – Lias superiore);
- Calcari compatti e detritico-pseudoolitici avana e nocciola, con intercalazioni dolomitiche biancastre verso la base ; livelli di brecce intraformazionali a cemento calcareo-marnoso (Lias superiore – Lias inferiore);
- Calcari detritico-pseudoolitici, alternati a calcari compatti avana con intercalazioni dolomitiche con Pfenderina Salernitana (Dogger), Cladocoropsis Mirabilisi e Clypenia Jiurassica (Malm);
- Calcari compatti detritici e pseudoolitici con intercalazioni di calcari dolomitici a Diceratiti (Cretacico inferiore – Cenomaniano) alla cui sommità molto spesso compare un orizzonte bauxitico, sostituito lateralmente da brecce a cemento rosso;
- Calcari e calcari dolomitici a rudiste e Nerinee (Senoniano – Cenomaniano).

Nella successione seguono, in trasgressione concordante:

- Calcareniti e calciruditi a litotamni, ostreidi, pettinidi, briozoi (Langhiano medio-superiore);
- Marne e calcari marnosi ad Orbulina (Serravalliano);

- Depositi terrigeni prevalentemente pelitici e torbiditici (Serravalliano – Tortoniano).

4.2.2 Sviluppo delle conoscenze geologiche

Il massiccio del Matese, è stato oggetto di studio già a partire dalla fine del 1800. Il primo rilevamento ad ampio raggio è, però, quello relativo alla prima stesura della Carta Geologica d'Italia.

Nel 1961, con l'inizio dei lavori di rilevamento, per la seconda edizione della Carta Geologica d'Italia, si ha un notevole sviluppo della ricerca in tutto l'Appennino centro-meridionale e di conseguenza anche per il Matese i dati divengono più numerosi.

Un primo inquadramento generale della geologia dei Matese, anche se limitatamente ai suoi rapporti con il Bacino Molisano-Sannitico, è dovuto a Pescatore (1965).

Negli anni 1964-65, Ietto ha condotto ulteriori ricerche nel Matese occidentale proponendone una sintesi dei dati in un lavoro pubblicato nel 1970.

I risultati principali di questo studio accertano la presenza, nell'ambito della piattaforma carbonatica del Matese, di un bacino ad elevata subsidenza individuatosi nell'Infralis e attivo a tutto il Giurassico.

Questo bacino, avente direzione prevalente ovest-est, era delimitato a nord da un'area triassica emersa e a sud da un'area nella quale sarebbe persistita per tutto il Mesozoico una sedimentazione tipica di piattaforma. IN seguito i

sedimenti corrispondenti al bacino sono stati obliterati dagli eventi tettonici del Miocene, che hanno accostato la zona sud di piattaforma alla zona emersa.

La pubblicazione di Ietto modifica la visione di una o delle due piattaforme quali corpi unici senza soluzione di continuità e considera invece le piattaforme dei corpi sedimentari con una geometria complessa e caratterizzati da differenti velocità di subsidenza da punto a punto.

In questi corpi sedimentari gli altifondi (piattaforme) possono alternarsi a zone più profonde; ne consegue una paleogeografia molto più complessa ed una sedimentazione con frequenti eteropie.

Un quadro strutturale di questo massiccio viene proposto da Ferrante nel 1994 il quale, in accordo con Ietto definisce l'assetto strutturale dell'area a "scaglie" monoclinaliche con anticlinali frontali a vergenza nord-orientale, troncate da faglie normali a basso angolo ed individua nell'evoluzione tettonica quattro momenti principali;

1. Tettogenesi compressiva connessa all'inserimento del Matese nell'edificio orogenico, avvenuta nel Messiniano inferiore – Pliocene inferiore/medio;
2. Distensione per faglie normali a basso angolo, con senso di trasporto compreso principalmente tra N160° e N180°, conclusasi nel Pliocene medio/superiore;
3. Distensione per faglie normali subverticali;
4. Deformazione di minore entità per faglie trascorrenti di direzione NW-SE, legata alle ultime fasi di riaggiustamento tra blocchi nel corso della distensione, riferibili al Pleistocene medio.

In un recente lavoro Sgrosso (1996) riconferma l'ipotesi precedentemente proposta, che il Massiccio del Matese è costituta da almeno due Unità tettoniche principali con una differente posizione strutturale: il Matese orientale, appartenente alla Piattaforma Laziale-Abruzzese-Campana ed il Matese nord-occidentale attribuibile alla Piattaforma Abruzzese.

Ciascuna di queste unità presenta una evoluzione tettono-sedimentaria nettamente differente, anche con differente età dell'inizio della sedimentazione silicoclastica ed è caratterizzata da facies di transizione a bacino sul bordo settentrionale.

E' proprio sulla base di questi elementi e di dati di pozzi profondi, che Sgrosso prospetta una ricostruzione paleogeografica che prima della deformazione doveva prevedere, a partire da Lagonegro verso l'esterno, i seguenti domini:

- Piattaforma Laziale-Abruzzese-Campana
- Bacino Molisano interno
- Piattaforma Abruzzese
- Bacino Molisano intermedio (o Bacino Molisano auct.)
- Piattaforma Abruzzese-Molisana.

Sempre Sgrosso prospetta, inoltre, la seguente successione di eventi cinematici:

a) Nel Tortoniano medio-superiore la piattaforma Laziale-Abruzzese-Campana assume caratteristiche di avanfossa;
b) Nel Tortoniano terminale questa piattaforma subisce una prima fase tettogenetica che ne provoca tra l'altro un'emersione;

c) Nel Messiniano inferiore si depositano le arenarie di Caiazzo sulla porzione deformata;

d) In un momento successivo, ma sempre nel Messiniano superiore arrivano le falde sannitiche;

e) Non prima del Messiniano inferiore la piattaforma Abruzzese diventa a sua volta avanfossa;

f) Nel Messiniano superiore una parte della piattaforma Laziale-Abruzzese, con le sovrastanti falde Sannitiche (Matese orientale), sovrascorre sulla piattaforma Abruzzese;

g) Nel Messiniano terminale o nel Pliocene inferiore anche il Bacino Molisano entra a far parte della catena.

Successivamente il Massiccio del Matese assume il complesso assetto strutturale che presenta attualmente, subendo, nel Pliocene e Pleistocene, eventi compressivi, distensivi, trascorrenti e rotatori.

4.3 Schema di circolazione idrica sotterranea a scala di bacino

Il Massiccio del Matese è un importante acquifero carbonatico i cui limiti sono costituiti dal tamponamento operato dai depositi in fase di flysch che vengono messi in contatto con esso da faglie sia inverse che dirette.

Dal complesso assetto geologico del Massiccio deriva un comportamento idrogeologico alquanto articolato (Celico P., 1983); Celico F. e Casale M., 1995).

L'unità idrogeologica si presenta suddivisa in due parti principali, separate da una linea di discontinuità con andamento circa est-ovest passante per il lago del Matese, Secine, Letino e Gallo.

Queste due unità, pur essendo distinte tra loro, nella parte orientale, presentano importanti fenomeni di travaso.

I vari bacini sono:

1. Il bacino di alimentazione delle sorgenti del Fiume Lete, che rappresenta un settore idrogeologicamente distinto, la cui falda di base emerge in alveo con portate pari a circa 800 l/sec in media; questo acquifero non presenta apprezzabili travasi idrici con i bacini confinanti. I limiti di tale settore sono costituiti a Nord dall'accavallamento tettonico dei calcari sui depositi terrigeni della piana di Gallo Matese, a nord-ovest e ad est da fasce deformative associate a faglie, ad ovest dal tamponamento operato dai depositi impermeabili affioranti nella piana del fiume Sava ed infine a sud il limite è rappresentato dal tamponamento operato dalle dolomie saccaroidi triassiche fortemente tettonizzate;
2. I bacini sotterranei del gruppo sorgivo Ielo e della dorsale M. Acuto – M. Cornacchia. Quest'acquifero è costituito da dolomie saccaroidi triassiche. La porzione occidentale di tale dominio alimenta il gruppo sorgivo Ielo, mentre le acque sotterranee della parte orientale trovano recapito, attraverso travasi idrici, nei conoidi pedemontani e nei depositi alluvionali della valle del fiume Volturno;

3. Il bacino sotterraneo della sorgente Maretto, costituito principalmente da rocce calcaree, è limitato a nord dalla discontinuità tettonica che borda il versante meridionale della depressione del lago del Matese; mentre a sud è la faglia che borda il massiccio a mettere in contatto l'acquifero con i depositi terrigeni in fase di flysch che esercitano un'azione tamponante; ad est il limite è costituito da una fascia di discontinuità tettonica passante per il vallone dell'inferno. Questa fascia di discontinuità fa escludere che vi sia un'alimentazione indiretta dell'acquifero da parte del bacino "Dorsale M-Acuto – M. Cornacchia", mentre sono ipotizzati travasi dagli adiacenti bacini sotterranei della sorgente Torano e delle sorgenti del fiume Lete presso Prata Sannita;
4. Il bacino sotterraneo delle sorgenti di Torano e Grassano, che riceve cospicue aliquote di alimentazione idrica sotterranea dal bacino delle sorgenti del Biferno. I recapiti di questo acquifero sono rappresentati dalla sorgente di Torano con una portata di 2300 l/sec ad una quota di 200 m slm, dove trabocca parte della sua potenzialità e dalle sorgenti del Grassano con portate di circa 4700 l/sec e ad una quota di circa 57 m slm;
5. La dorsale di M. Gallo con deflussi orientati verso ovest, che alimenta, tramite un esteso fronte sorgivo e cospicui travasi idrici sotterranei l'alveo del fiume Volturno;
6. Il bacino delle sorgenti del Biferno. Le acque sotterranee di questo dominio traboccano solo in parte in corrispondenza del Biferno (490 – 510 m slm con

portate di 4600 l/sec) mentre cospicui volumi vanno ad alimentare, tramite travasi idrici sotterranei, le sorgenti di Torano e Grassano.

Al fine di schematizzare e rendere più semplice l'interpretazione del modello idrogeologico del territorio comunale, i terreni sono stati raggruppati in complessi idrogeologici sulla base delle caratteristiche litologiche e giaciturali, della permeabilità relativa e soprattutto del ruolo che ciascuno di essi svolge in relazione al deflusso delle acque.

4.3.1 Complessi idrogeologici

Di seguito si riportano le descrizioni dei complessi idrogeologici individuati, individuati nella relativa catografia geotematica

Complesso dolomitico

Complesso calcareo

Complesso arenaceo-marnoso-argilloso

*Complesso detrito-alluvionale***.**

Complesso dolomitico

Il complesso dolomitico i rileva ai piedi dei versanti sud-occidentali del Matese e risulta costituito da dolomie biancastre massicce o in banchi, associate a livelli calcareo-dolomitici. Tale complesso, per la minore permeabilità rispetto a quello calcareo, cui è stratigraficamente sottoposto, contribuisce a limitare verso sud-ovest, insieme al complesso marnoso-arenaceo-argilloso, la falda del Matese.

Complesso calcareo

Il complesso calcareo comprende più litotipi (calcari dolomitici, calcari s.s., calcari marnosi), simili sotto il profilo della permeabilità relativa.

Esso costituisce l'acquifero principale.

Cronologicamente il complesso calcareo si estende dal Giurassico al Miocene.

Complesso argilloso-arenaceo

Il complesso arenaceo-marnoso-argilloso comprende il Flysch di Pietraroia, le Arenarie di Caiazzo e le Argille varicolori scagliose.

Il grado di permeabilità dei terreni appartenenti a questo complesso è scarso o pressocchè nullo.

Il principale ruolo idrogeologico esplicato al contatto con le assise dolomitiche e carbonatiche; il complesso, infatti, tampona lateralmente la falda in rete dei litotipi a più alta permeabilità condizionandone il deflusso verso punti di recapito preferenziali.

Complesso detritico-alluvionale

Il complesso detritico è formato dai conoidi di detrito che borda il versante.

Le caratteristiche idrogeologiche sono ovviamente legate alle modalità di sedimentazione ed alla granulometria, prevalentemente grossolana, dei clasti che costituiscono il complesso.

Nel consegue che la permeabilità è abbastanza elevata da permettere la presenza di discrete falde idriche. A causa della limitata estensione areale del complesso, la potenzialità di queste ultime è legata più alla possibilità di alimentazione da parte del massiccio carbonatico che non all'aliquota d'infiltrazione diretta.

5. INQUADRAMENTO DI DETTAGLIO

Morfologia – Geologia – Tettonica

5.1 Morfologia

Le aree oggetto di studio ricadono, come detto, nell'ambito della dorsale Monte Caruso - Monte Croce – Monte Pietrauta, che nell'ambito del versante occidentale del Massiccio del Matese, delimita con direzione NW-SE il pianoro su cui sorge l'abitato di Gallo Matese ed il lago di Gallo.

In particolare i due settori oggetto di studio, lungo i quali si articolano due assi viari comunali, presentano una quota media di 850 m slm.

Più in dettaglio:

- L'area pedemontana oggetto d'interesse, che raccorda i rilievi carbonatici esistenti con la piana sottostante, è posta tra le quote di 840 – 870 m slm, presenta una pendenza prossima o di poco superiore ai 10° in prossimità della base dei rilievi e diminuisce a pochi gradi in prossimità della piana.
- I settori a monte, invece, si presentano molto irregolari e disturbati da elementi tettonici, con costoni e cornici; le pendenze risultano essere di poco inferiori o prossime ai 40°. Costoni e cornici sono solcati da profonde incisioni tettoniche con varia direzione e danno luogo a pareti da molto acclivi a subverticali e a pinnacoli isolati dal resto del bed-rock carbonatico.

Le aree di studio si presentano terrazzate con ampie e profonde balze di origine naturale ed antropica.

L'analisi morfologica, è stata preceduta da un'attenta lettura critica del materiale messo a disposizione dal Comune di Gallo Matese, di ricerche e studi svolti in ambito universitario, da fonti bibliografiche ed integrata da una attenta verifica diretta sul terreno per cogliere le eventuali modificazioni del paesaggio legate sia a processi naturali che antropici.

Detto rilievo, quindi, è stato finalizzato non solo ad identificare la morfologia del paesaggio attuale, ma soprattutto a valutare il livello di labilità dell'attuale configurazione dal punto di vista morfologico.

Le forme riconosciute, vanno da quelle tipiche montane (aree di cresta, superfici di spianamento sommitale, versanti strutturali, area di testata sommitale, a quelle di raccordo (conoidi) e di fondovalle (piana alluvionale).

In alcuni settori sono stati osservati elementi premonitori o elementi tipici di un indizio di stabilità incipiente, quali fratture di trazione che rappresentano indizio di un dissesto idrogeologico in atto, intendo con questo termine l'evoluzione di un versante o di una scarpata, rappresentato da quell'insieme di fenomeni quasi sempre connessi al defluire delle acque libere, che producono effetti che possono portare alla perdita di vite umane, ad alterazioni delle attività e delle opere umane, oltre che dell'ambiente geologico e paesaggistico naturale. Gli effetti rovinosi del dissesto idrogeologico derivano principalmente dalle frane, ma anche dai fenomeni di intensa erosione; le prime sono fenomeni che consistono essenzialmente nel distacco e successivo spostamento, rapido o lento, di materiali sciolti e/o di masse rocciose, sotto l'azione della gravità; i

processi erosionali, invece, sono connessi alla mera azione meccanica dovuta allo scorre delle acque libere sulla superficie del versante.

5.2 Geologia

La geologia di dettaglio delle aree oggetto di studio, si è basato sul rilievo ictu-oculi di superficie e dalle foto del drone nei punti inaccessibili. In particolare è possibile distinguere le seguenti unità litologiche principali:

Unità dolomitico-calcarea

I rilievi sono formati da una successione di dolomie che intorno alla quota di 900 – 1000 m slm passano verso l'alto a calcareniti.

Le dolomie si presentano biancastre e grigie, in banchi e strati e talora con intercalazioni di dolomie microcristalline bituminose grigio scure e nerastre.

Si presentano farinose per effetto del minor grado di cementazione ed alla presenza di fratture diffuse.

Sono stratificate in strati decimetrici e pluridecimetrici ed in banchi massicci con andamento suborizzontale o a traversopoggio.

Le soprastanti calcareniti sono di coloro biancastro, a cemento spatico, ben stratificate con livelli biancastri ed avana di brecce e conglomerati monogenici e poligenici a cemento calcareo in grossi banchi fratturati.

La successione risulta essere ben cementata e stratificata con giacitura a reggipoggio. Possiede inoltre un grado di fratturazione variabile con piani di discontinuità sia subverticali che variamente inclinati verso valle, verso monte e lateralmente al pendio.

Suddette discontinuità sono generalmente aperte, quasi sempre vuote da terreno e vegetazione e con superfici mediamente scabre.

Sono evidenti, sulla superficie della roccia e lungo i piani di discontinuità, fenomeni carsici dovuti alla dissoluzione del calcare ad opera delle acque meteoriche.

Detta formazione ha un'eta compresa tra il Cretacico superiore ed il Palocene.

Dall'esame ictu-oculi emerge che il tratto di versante èoltre i 950 m slm, è pressochè privo di coltri detritiche e terrose di copertura per cui il bed-rock carbonatico è praticamente affiorante quasi dappertutto.

Solo su alcuni terrazzi morfologici, presenti per lo più a monte delle cornici e costoni, può essere presente una modestissima copertura incoerente.

Unità calcarenitico-marnoso-argillosa

Questa unità si trova nella vallata dove sorge l'abitato di Gallo, sovente obliterata dalle coperture sedimentarie sia pedemontana e sia alluvionali.

Essa non affiora nel settore oggetto di studio.

Si tratta di una successione sottilmente stratificata di calcareniti avana, calcari marnosi e marne argillose grigiastre e verdastre, che si trova in contatto per faglia con l'unità dolomitico-calcarea ed affiora in corrispondenza del centro abitato.

L'età del deposito è Oligocene – Miocene.

Unità detritico-colluviale pedemontana

Si tratta di un deposito costituito da blocchi e ghiaia eterometrica calcarea e dolomitica immersi in una matrice argillosa di colore marrone. Gli elementi

lapidei sono spigolosi e presentano dimensioni metriche alla base del versante e tendono a diventare decimetrici verso valle.

Medesimo discorso vale per la matrice, che tende ad aumentare verso valle.

Quindi spostandosi da monte verso valle si passa da depositi clasto-sostenuti a depositi matrice sostenuta.

Il meccanismo di deposizione dei sedimenti è dovuto a ripetuti fenomeni di scorrimento e rotolamento di elementi lapidei.

Questi fenomeni sono accelerati ed agevolati dalle acque di ruscellamento soprattutto in concomitanza di eventi copiosi; un ruolo non trascurabile è da attribuire all'azione del gelo-disgelo che indebolisce e non poco il legame delle coltri dal bed-rock carbonatico. Il limite tra questo corpo sedimentario e quelli adiacenti è di tipo eteropico.

Unità di conoide

Si tratta di depositi detritici presenti alla base del versante; in particolare è una conoide coalescente in contatto eteropico con le coltri della fascia pedemontana.

Unità di piana

Alla base dei versanti carbonatici, è presente la piana su cui sorge l'abitato di Gallo. Si tratta di depositi terroso-detritici derivanti dallo smatellamento dei rilievi esistenti sia calcareo-dolomitici che calcareo-marnoso-argilloso.

5.3 Faglie attive e capaci

Come è noto una faglia è detta capace se raggiunge la superficie producendo una frattura del terreno e l'andamento di questa rottura in superficie è la traccia superficiale della faglia stessa.

Dal rilievo di superficie è emersa la presenza lungo le strade esistenti di specchi di faglia, indizio della presenza di faglie capaci.

Tutto il territorio comunale di Gallo è attraversato dalla faglia denominata *Lago del Matese* (Fault Code 30801) che ha direzione SSW.

In base ai dati disponibili la faglia a cinematica normale, risulterebbe attiva almeno nel pleistocene medio (125,000 – 700,000). Mancano i dati sulla geometria profonda.

6. CARATTERISTICHE MECCANICHE DELL'AMMASSO ROCCIOSO

Per caratterizzare un ammasso roccioso a comportamento rigido dal punto di vista meccanico è necessario eseguire una serie di operazioni che, nel loro insieme, costituiscono il cosiddetto *rilievo geomeccanico*.

Il comportamento meccanico dell'ammasso roccioso dipende sia dalle proprietà meccaniche della matrice rocciosa sia dalle caratteristiche delle discontinuità.

Per descrivere a pieno le caratteristiche della matrice rocciosa è necessario fornire: descrizione litologica e petrografia, composizione mineralogica, caratteristiche tessiturali, grado di alterazione, proprietà meccaniche e tutto quanto può essere utile per un adeguato inquadramento.

Invece, per quanto riguarda le discontinuità, i principali parametri che le caratterizzano sono: orientazione, spaziatura, persistenza, scabrezza, apertura, riempimento, condizioni idrauliche , condizioni dei giunti.

Per la determinazione dei valori dei parametri suddetti, si è fatto uso anche della bibliografia tecnica disponibile in modo da avere un quadro il più possibile corrispondente alla realtà del comportamento geomeccanico dell'ammasso roccioso.

La roccia in studio in particolare è una sedimentaria detritica di natura carbonatica. Il costituente mineralogico fondamentale è rappresentato dalla dolomite e dalla calcite.

Inoltre sono state eseguite misure per la valutazione della resistenza meccanica delle superfici dei giunti (resistenza a compressione uniassiale), utilizzando il

martello di Schmidt o sclerometro tipo L (per roccia), strumento da un cilindro con punta rientrante, che misura la capacità del materiale ad assorbire l'urto.

L'indice del martello di Schmidt può essere correlato con la resistenza alla compressione delle superfici di discontinuità J.C.S. attraverso un grafico che tiene conto anche dell'inclinazione dello strumento rispetto all'orizzontale.

Dal punto di vista operativo si è arrivati alla determinazione delle caratteristiche dell'ammasso roccioso, attraverso un attento rilievo geomeccanico, eseguito su alcune postazioni lungo il versante carbonatico.

Per l'analisi del quadro fessurativo è stata utilizzata la seguente attrezzatura:

- Bussola professionale Wilkie;
- Sclerometro meccanico per roccia (o martello di Schmidt) EUROSIT;
- Pettine di Barton;
- Macchina fotografica digitale;
- Software di elaborazione MECROCCE;
- Software di elaborazione GEOROCKFALL.

Bussola per rilievo giaciture

Martello di Schmidt

Il fronte presenta una stratificazione piuttosto evidente e risulta interessato da diverse linee di frattura e faglie, prevalentemente con direzione appenninica ed antiappenninica, che determinano talora una frammentazione della roccia; nonostante ciò, tranne in pochi casi, sono presenti materiali da crollo alla base delle pareti, evidenziando discrete condizioni di stabilità generali.

La giacitura degli strati è ben visibile lungo tutto il versante rilevato: gli strati si presentano con spessori da qualche centimetro fino a circa 60/70 centimetri, le superfici sono prevalentemente ondulate e prive di depositi argillosi. Alcuni settori si presentano intensamente fratturati, fino a determinare uno stato di microfratturazione della roccia.

Stratificazione/fratture

Fronte

Faglia

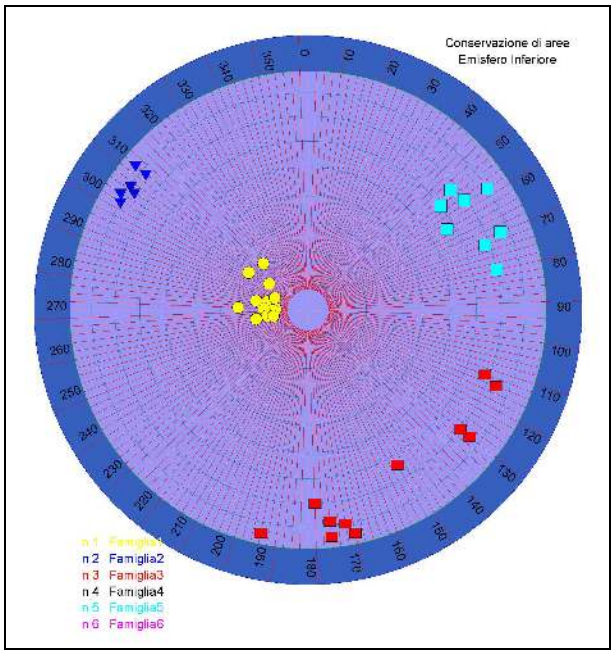
Fratture della roccia

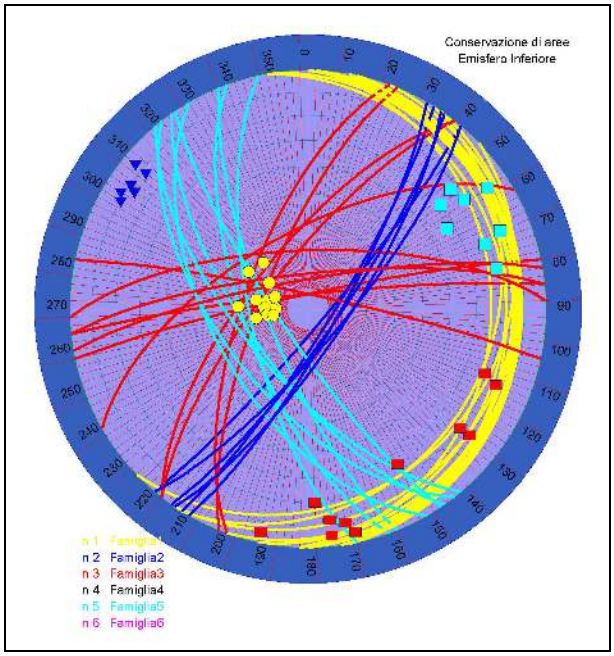
6.1. Classificazione dell'ammasso roccioso

Come accennato nel paragrafo precedente, la roccia affiorante è caratterizzata da un grado di fatturazione variabile lungo tutto il versante analizzato, pertanto è stato condotto il lavoro facendo misure a campione, laddove possibile su vari fronti esposti, al fine di avere un numero congruo di misure tali da individuare le famiglie principali di giunti.

In particolare, per ogni piano di discontinuità rilevato è stata definita l'immersione, l'inclinazione, la persistenza, la spaziatura, l'apertura, il riempimento, la presenza di acqua, ecc.

Per quanto concerne la rappresentazione di tali discontinuità si è fatto ricorso a proiezioni stereografiche utilizzando il reticolo equiareale di Schmidt, vedi immagini seguenti.





Le misure effettuate sono state inserite nel programma *MecRocce* al fine di avere la rappresentazione delle giaciture sui diagrammi di uso comune, i cui elaborati sono riportati nell'**Appendice**, e grazie ai quali sono state individuate le seguenti famiglie principali:

Stratificazione: **Immersione: 100°**

Inclinazione: 12°

1° discontinuità: **Immersione: 124°;**

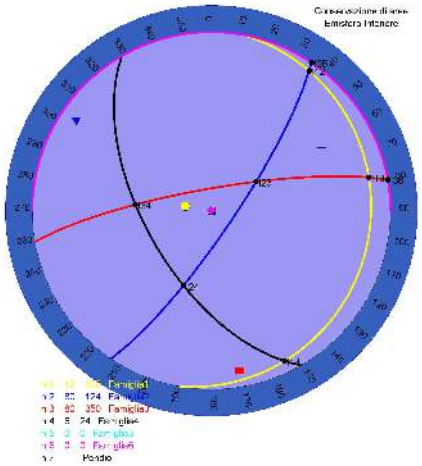
Inclinazione: 80°

2° discontinuità: **Immersione: 350°**

Inclinazione: 80°

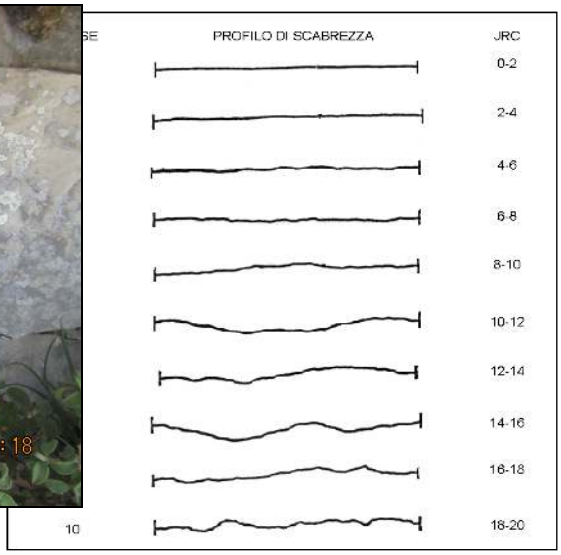
3° discontinuità: **Immersione: 240°**

Inclinazione: 70°

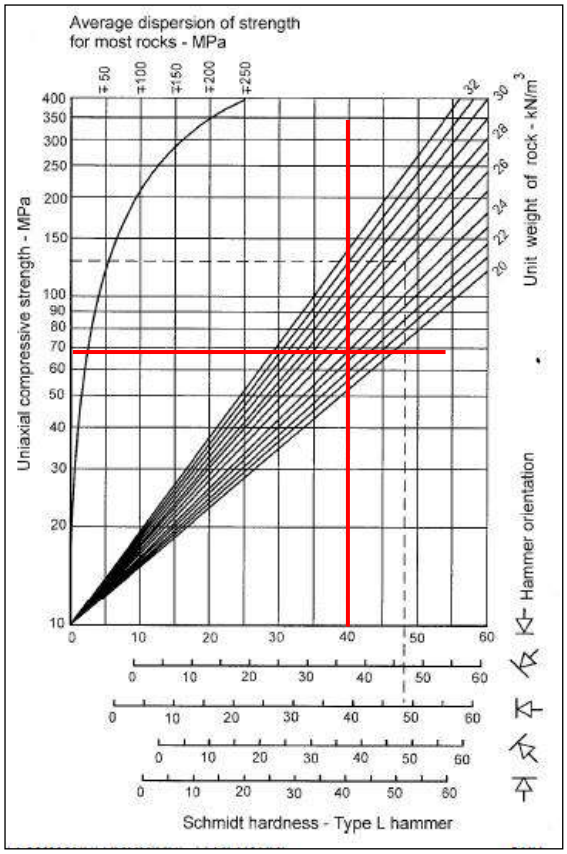


Tali giunti si presentano generalmente scabri, privi di livelli argillosi, compatti e, in alcuni casi ricementati.

Le discontinuità presentano un'apertura generalmente inferiore al centimetro, una superficie ondulata. In particolare il profilo di scabrezza, valutato con il "Pettine di Barton", può essere ascritto ad una classe 7 della classificazione proposta dallo stesso autore, corrispondente ad un valore del parametro JRC pari a 12-14.



Il valore medio dell'indice di rimbalzo, determinato in campagna sottoponendo le superfici di strato a prove sclerometriche mediante martello di Schmidt, è risultato mediamente pari a 40, a cui corrisponde una resistenza alla compressione monoassiale di circa 70 MPa.



Al fine di classificare l'ammasso roccioso è stata adoperata la metodologia RMR (Rock Mass Rating) di Bieniawskj (1989). La classificazione tiene conto di 5 parametri relativi allo stato della roccia e di un indice di correzione il cui valore è funzione dell'orientamento delle discontinuità e del problema affrontato.

I cinque parametri caratteristici sono:

- Resistenza a compressione uniassiale della roccia;
- Indice RQD;
- Spaziatura delle discontinuità;
- Condizione dei giunti;
- Condizioni idrauliche.

Ciascun parametro viene valutato in modo quantitativo ed a ciascuno di esse è assegnato un indice parziale. La somma dei cinque indici parziali fornisce il Basic RMR (BRMR). Di seguito si riporta la tabella riepilogativa degli indici determinati; in giallo sono evidenziati i valori degli indici attributi al nostro ammasso roccioso.

PARAMETRI			INTERVALLI DI VALORI						
1	RESISTENZA ROCCIA INTATTA	Carico puntuale (Mpa)	>10	4-10	2-4	1-2	Non applicabile		
		Compressione monoassiale (MPa)	>250	100-250	50-100	25-50	5-25	1-5	< 1
	Indice		**15**	**12**	**7**	**4**	**2**	**1**	**0**
2	RQD (%)		90-100	75-90	50-75	25-50	<25		
	Indice		**20**	**17**	**13**	**8**	**3**		
3	SPAZIATURA GIUNTI (m)		>2	0,6-2	0,6-0,2	0,06-0,2	<0,06		
	Indice		**32**	**15**	**10**	**8**	**5**		
4	CONDIZIONE GIUNTI		Superfici molto scabre non continue. Pareti roccia non alterate	Superfici scabre. Apertura <1mm. Pareti roccia leg.alterate	Superfici scabre. Apertura <1mm. Pareti roccia molto alterate	Superfici lisce o laminate o riempimento<5mm o apertura 1-5mm. Giunti continui	Riempimento tenero con spessore >5 mm o giunti aperti>5 mm. Giunti continui		
	Indice		**30**	**25**	**20**	**10**	**0**		
5	CONDIZIONI IDRAULICHE	Afflusso per 10m di lunghezza del tunnel (litri/min)	Assente	<10	10-25	25-125	>125		
		Rapporto Pressione acqua nei giunti/Pressione naturale in sito	0	<0,1	0,1-0,2	0,2-0,5	>0,5		
		Condizioni generali	Giunti asciutti	Umidi	Bagnati	Stillicidio	Venute d'acqua		
	Indice		**15**	**10**	**7**	**4**	**0**		

Una volta attribuiti tutti i coefficienti numerici, sulla base del valore di RMR, si identificano 5 intervalli, cui corrispondono altrettanti classi di ammasso roccioso ognuno delle quali corrisponde una valutazione di qualità dell'ammasso stesso:

RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	41 – 21	< = 20
Classe	I	II	III	IV	V
Descrizione	Molto buono	Buono	Mediocre	Scadente	Molto scadente

Come si evince, l'ammasso roccioso è caratterizzato da un indice RMR pari a 60, per cui appartiene alla **III** classe, con una qualità dell'ammasso roccioso "*mediocre*", a cui corrispondono i seguenti parametri geomeccanici:

Coesione, c (kPA) = 5 RMR = **300 kPa**

Angolo di attrito, φ = 0,5 RMR + 5 = **35°**

Modulo di deformazione, E (GPa) = 2 RMR – 100 = **20 GPa**

Analizzando i dati raccolti durante il rilievo strutturale, si sono individuate, come detto, 3 famiglie di discontinuità principali ed un piano di stratificazione prevalente.

Gli strati presentano spessori variabile da qualche decimetro ad un massimo di 60/70 cm.

I giunti hanno caratteristiche abbastanza variabili; presentano un'apertura generalmente inferiore 1 cm una scabrezza da rugosa a molto rugosa. Il profilo

di scabrezza può essere iscritto come detto nella classe 12 - 14 di Barton. Il riempimento delle fratture, dove presente, è costituito da prodotti del disfacimento meccanico della roccia.

Per ogni famiglia di discontinuità evidenziate durante il rilevamento, sono state ripetute le operazioni di classificazione RMR, cercando di ottenere una valutazione della stabilità complessiva dell'ammasso roccioso.

7. INDAGINI IN-SITU

7.1 Indagini geotecniche: Prove penetrometriche dinamiche DPSH

Lungo Via Pisaturo e Via Campo delle Mandre sono state eseguite n° 3 prove penetrometriche superpesanti DPSH; esse sono state spinte fino al rifiuto strumentale (Appendice 1 – Certificati ed elabroazione DPSH).

Come è noto l'interpretazione delle prove penetromeriche dinamiche continue superpesanti (DPSH – Dynamic Probing Super Heavy), viene eseguita con le medesime metodologie utilizzate per le prove SPT (Standard Penetration Test).

Poichè non esiste una standardizzazione delle procedure di esecuzione delle prove DPSH, i valori N_{DPSH} vengono convertiti in valori equivalenti di N_{SPT}, attraverso un coefficiente di correlazione fornito dai produttori della strumentazione penetrometrica utilizzata.

In poche parole, si è risaliti da N_{DPSH} a N_{SPT} ed utilizzato le varie correlazioni messe a punto per le prove penetrometriche dinamiche standardizzate SPT.

Nella fattispecie la correlazione tra $N_{20\ (DPSH)}$ ed $N_{SPT\ equiv.}$ è la seguente:

$N_{SPT\ equiv.} = N_{20\ (DPSH)} \times 1.5$ dove:

$N_{20\ (DPSH)}$ rappresenta il numero di colpi per 20 cm di affondamento del penetrometro superpesante DPSH ed $N_{SPT\ equiv.}$, invece, il numero di colpi equivalente dello SPT.

Nell'elaborazione delle prove DPSH eseguite viene fornito un tabulato di ciascuna prova, con indicato il numero di colpi della punta misurato in campagna N_{DPSH} ed il numero di colpi SPT equivalente. Ed è proprio su questo ultimo

numero di colpi ($N_{SPT\ equiv.}$) che sono stati ricavati i parametri geotecnici per i vari strati individuati per cadauno test penetrometrico eseguito.

Si riportano di seguito le formulazioni teoriche utilizzate per la determinazione dei principali parametri geotecnici:

TERRENI DI SEDIME A PREVALENTE COMPORTAMENTO ATTRITIVO

DENSITA' RELATIVA

$$Dr = 21\ (N_{SPT} / \sigma v + 0.7)^{1/2}$$

[Meyerhof, 1957]

Cn = variabile funzione della litologia e della tensione verticale efficace
σv : tensione verticale efficace

ANGOLO DI RESISTENZA AL TAGLIO

$$\phi = 0.3 \times N_{SPT} + 27$$

[Shioi e Fukuni – Japanese National Railway, 1982]

N_{SPT} = Numero di colpi

MODULO DI YOUNG

$$E = 2\ B \times N_{SPT}$$

[Schmertmann, 1978]

N_{SPT} = Numero di colpi
B = Costante variabile in funzione della litologia

MODULO DI DEFORMAZIONE EDOMETRICA

[Mezenbach e Malcev]

$$Ed = 3.54 \times N_{SPT} + 38$$ Per sabbie fini

$$Ed = 4.46 \times N_{SPT} + 38$$ Per sabbie medie

$$Ed = 10.46 \times N_{SPT} + 38$$ Per sabbie + ghiaie

$$Ed = 11.84 \times N_{SPT} + 38$$ Per sabbie ghiaiose

N_{SPT} = Numero di colpi

MODULO DI TAGLIO DINAMICO

$$G = a \times N_{SPT}^{\,b}$$

[Ohsaki e Iwasaki]

N_{SPT} = Numero di colpi
a = 650 e b = 0.94 nel caso di sabbie pulite
a = 1182 e b = 0.76 nel caso di sabbie con fine plastico

PENETROMETRIA DINAMICA DPSH 1

0.0 – 0.80 mt	**Sciolto**
N_{SPT} medio equivalente	N = 3
Densità relativa	Dr = 41%
Angolo di resistenza al taglio	ϕ = 27.9°
Coesione (cu e c')	c = --- Kg/cm^2
Modulo di Young	E = 24 Kg/cm^2
Modulo dinamico di taglio	G = 183 Kg/cm^2
Modulo edometrico	Ed = 51 Kg/cm^2
Resistenza dinamica	Rd = 19 Kg/cm^2

0.80 – 2.80 mt	**Moderatamente addensato**
N_{SPT} medio equivalente	N = 18
Densità relativa	Dr = 88%
Angolo di resistenza al taglio	ϕ = 32.4°
Coesione (cu e c')	c = 0 Kg/cm^2
Modulo di Young	E = 143 Kg/cm^2
Modulo dinamico di taglio	G = 978 Kg/cm^2
Modulo edometrico	Ed = 226 Kg/cm^2
Resistenza dinamica	Rd = 103 Kg/cm^2

2.80 – 3.40 mt	**Molto addensato**
N_{SPT} medio equivalente	N = 67
E' l'unità dove si è registrato il rifiuto strumentale per la presenza del detrito carbonatico eterometrico in matrice	

PENETROMETRIA DINAMICA DPSH 2

0.0 – 0.60 mt	**Sciolto**
N_{SPT} medio equivalente	N = 3.5
Densità relativa	Dr = 45%
Angolo di resistenza al taglio	ϕ = 28°
Coesione (cu e c')	c = -- Kg/cm^2
Modulo di Young	E = 28 Kg/cm^2
Modulo dinamico di taglio	G = 211 Kg/cm^2
Modulo edometrico	Ed = 53 Kg/cm^2
Resistenza dinamica	Rd = 22 Kg/cm^2

0.60 – 1.20 mt	**Moderatamente addensato**
N_{SPT} medio equivalente	N = 23
Densità relativa	Dr = ---%
Angolo di resistenza al taglio	ϕ = 34°
Coesione (cu e c')	c = 0 Kg/cm^2
Modulo di Young	E = 188 Kg/cm^2
Modulo dinamico di taglio	G = 1267 Kg/cm^2
Modulo edometrico	Ed = 278 Kg/cm^2
Resistenza dinamica	Rd = 144 Kg/cm^2

1.20 – 1.80 mt	**Molto addensato**
N_{SPT} medio equivalente	N = 65
E' l'unità dove si è registrato il rifiuto strumentale per la rpesenza del detrito carbonatico eterometrico in matrice	

PENETROMETRIA DINAMICA DPSH 3

0.0 – 0.60 mt	**Sciolto**
N_{SPT} medio equivalente	N = 3.5
Densità relativa	Dr = 45%
Angolo di resistenza al taglio	ϕ = 28°
Coesione (cu e c')	c = -- Kg/cm^2
Modulo di Young	E = 28 Kg/cm^2
Modulo dinamico di taglio	G = 211 Kg/cm^2
Modulo edometrico	Ed = 53 Kg/cm^2
Resistenza dinamica	Rd = 22 Kg/cm^2

0.60 – 1.60 mt	**Moderatamente addensato**
N_{SPT} medio equivalente	N = 15
Densità relativa	Dr = 87%
Angolo di resistenza al taglio	ϕ = 31°
Coesione (cu e c')	c = 0 Kg/cm^2
Modulo di Young	E = 122 Kg/cm^2
Modulo dinamico di taglio	G = 846 Kg/cm^2
Modulo edometrico	Ed = 194 Kg/cm^2
Resistenza dinamica	Rd = 93 Kg/cm^2

1.60 – 2.20 mt	**Molto addensato**
N_{SPT} medio equivalente	N = 64
E' l'unità dove si è registrato il rifiuto strumentale per la rpesenza del detrito carbonatico eterometrico in matrice	

7.2 Indagini geofisiche: Prospezioni sismiche lineari MASW

Sono state eseguite n° 3 prospezioni sismiche MASW (Multichannel Analysis of Surfacer Waves), per la determinazione della velocità delle onde di taglio dei terreni di sedime.

Dalle prospezioni MASW è stato possibile discriminare tre sismostrati principali ed ognuno di essi oltre a fornire la velocità delle onde di taglio, si è valutata anche la:

F = Frequenza fondamentale dello strato

T = Periodo fondamentale dello strato.

MASW 1

Sismostrato	Parametri medi	Spessore
A	Vs = 408 m/sec f = 9.9 hz T = 0.10 s	10.30 mt
B	Vs = 551 m/sec f = 21.5 hz T = 0.05 s	6.40 mt
C	Vs = 743 m/sec f = -- hz T = -- s	semispazio

MASW 2

Sismostrato	Parametri medi	Spessore
A	Vs = 285 m/sec f = 8.5 hz T = 0.12 s	5.80 mt
B	Vs = 372 m/sec f = 9.2 hz T = 0.11 s	10.10 mt
C	Vs = 692 m/sec f = -- hz T = -- s	semispazio

MASW 3

Sismostrato	Parametri medi	Spessore
A	Vs = 362 m/sec f = 15.1 hz T = 0.07 s	6.0 mt
B	Vs = 460 m/sec f = 7.7 hz T = 0.13 s	15.0 mt
C	Vs = 731 m/sec f = -- hz T = -- s	semispazio

8. MODELLAZIONE SISMICA

8.1 Definizione della pericolosità sismica di base ed eventi di riferimento

Come è noto la pericolosità sismica di base di una determinata zona è data dalla probabilità che, in un certo intervallo di tempo si verifichino forti terremoti che possono produrre danni e quindi dalla frequenza con cui questi avvengono e dall'intensità che essi raggiungono. In termini probabilistici, dalla possibilità che un valore prefissato di pericolosità – espresso da un parametro di moto del suolo (accelerazione massima o grado di intensità macrosimica) venga superato in un dato sito entro un fissato periodo di tempo.

Le caratteristiche sismiche, indicate come componenti della pericolosità sismica di base, sono quelle considerate per definire la zonazione della classificazione sismica nazionale che esprime la sismicità di un'area sulla base dei terremoti avvenuti in epoca storica e della distanza dalle potenziali sorgenti sismogenetiche; inoltre la pericolosità sismica viene definita come il probabile livello di scuotimento al suolo, espresso in termini di accelerazione massima connesso al verificarsi di un determinato terremoto.

Il suolo di riferimento è caratterizzato da un profilo sismostratigrafico di categoria A (D.M. 17 gennaio 2018), cioè formazioni litoidi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/sec, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 mt.

Il primo evento sismico che ha fatto registrare effetti nel territorio di Gallo Matese, di cui si hanno notizie storiche, risale al 1688, con magnitudo momento MW = 7.06 .

Nell'arco temporale che va dal 1962 al 2003 si sono registrati ben altri 8 eventi sismici (Fonte Database Macrosimico Italiano, 2015 dell'INGV), caratterizzati da intensità , in termini di magnitudo momento Mw (si ottiene a partire dalla stima delle caratteristiche geometriche della faglia generatrice, ovvero della sua superficie totale e dello scuotimento lungo il piano di faglia), che vanno da 3.31 a 6.15 .

Gli eventi più significativi sono quelli del Sannio 1688, dell'Irpinia del 1962, del Potentino 1990, dell'Appennino umbro-marchigiano del 1998 ed infine del Molise anno 2002 e 2003.

Di seguito si riporta la scheda del Comune di Gallo Matese, con indicate per cadauno evento sismico l'intensità nella località (Int), l'area epicentrale, il numero di punto macrosimsici (NMDP), l'intensità epicentrale (Io) e la magnitudo momento (Mw).

Gallo Matese

PlaceID	IT_59033
Coordinate (lat, lon)	41.464, 14.227
Comune (ISTAT 2015)	Gallo Matese
Provincia	Caserta
Regione	Campania
Numero di eventi riportati	9

Effetti	In occasione del terremoto del								
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
8	1688	06	05	15	30		Sannio	215	11	7.06
5-6	1962	08	21	18	19		Irpinia	562	9	6.15
4-5	1990	05	05	07	21	2	Potentino	1375		5.77
4-5	1991	06	27	08	16	2	Isernino	28	5	3.31
5	1998	03	07	03	27	0	Isernino	63	5	3.75
3	1998	03	26	16	26	1	Appennino umbro-marchigiano	409		5.26
4-5	2002	11	01	15	09	0	Molise	638	7	5.72
4-5	2002	11	12	09	27	4	Molise	174	5-6	4.57
3	2003	12	30	05	31	3	Molise	326	4-5	4.53

Il Comune di Gallo Matese, presenta un valore di ag compreso tra 0.225 < ag < 0.250 g.

Si riportano anche i dati di Disaggregazione (o deaggregazione) della pericolosità sismica, che consentono di valutare i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità del sito oggetto di studio. In particolare, si riporta il grafico della disaggregazione dei valori di ag ossia la valutazione del contributo in percentuale alla stima della pericolosità fornita da tutte le possibili coppie di magnitudo (M)

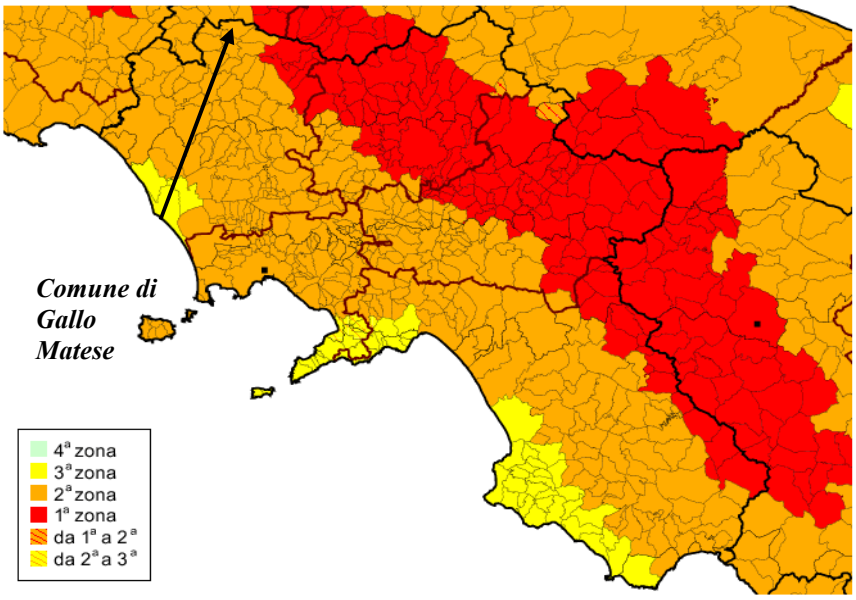
e distanza (R) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita al nodo avente coordinate 41.334 – 14.023).

Analogamente alla disaggregazione in M - R, è possibile la disaggregazione tridimensionale in M – R – ε dove ε rappresenta il numero di deviazioni standard per cui lo scuotimento (logaritmico) devia dal valore mediano predetto da una legge di attenuazione dati M ed R (**Appendice 2**).

Nella tabella seguente si riportano i PARAMETRI DEL TERREMOTO DI SCENARIO, ossia i valori medi della coppia Magnitudo (M) - Distanza (R) e relativa deviazione standard (ε) della sorgente che maggiormente contribuisce alla pericolosità sismica del Comune di Gallo Matese ottenuti a seguito della disaggregazione della pericolosità.

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.98	8.5	0.75

L'Ordinanza n° 3274 del Presidente del Consiglio dei Ministri del 20 marzo 2003 "*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*" ed il nuovo Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018 "*Norme tecniche per le costruzioni*" hanno aggiornato la normativa sismica in vigore, con l'attribuzione alle diverse località del territorio nazionale di un valore di scuotimento sismico di riferimento, espresso in termini di incremento dell'accelerazione al suolo.



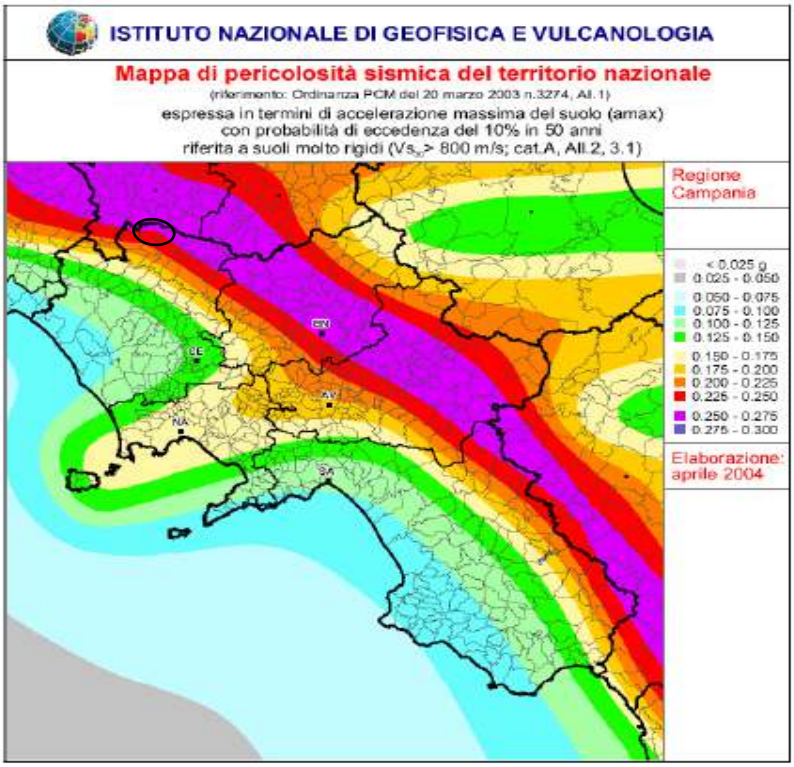
Ordinanza OPCM 3274 del 20/03/2003

Il numero di zone sismiche è fissato pari a 4, corrispondenti ai quattro valori di accelerazione orizzontale (a_g / g) di ancoraggio dello spettro di risposta elastico.

Zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (valore di ag/g	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (valore di ag/g)
1	> 0,25	0,35
2	0,15 – 0,25	0,25
3	0,05 – 0,15	0,15
4	< 0,15	0,05

Il Comune di Gallo Matese ricade, come già detto, nella zona sismica 2 a cui corrisponde un'accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico pari a 0.25 a_g/g, mentre per quanto riguarda l'area oggetto d'intervento dal punto di vista della pericolosità sismica (espressa in termini di accelerazione

massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferiti a suoli molto rigidi), risulta inclusa nella fascia di valori 0,225 - 0,250 g.



Ordinanza PCM 3519 del 28 Aprile 2006 all. 1b
Pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale

In particolare l'azione sismica di progetto, in base al quale valutare il rispetto dei diversi stati limite, viene definita partendo dalla "pericolosità di base" del sito di costruzione, che è l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica.

Con l'entrata in vigore del Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018 la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un "criterio zona dipendente".

In particolare, il sito oggetto d'intervento edilizio è caratterizzato dalle seguenti coordinate geografiche nel sistema ED50 (la sigla ED50 si riferisce all'ellissoide di

riferimento adottato per la carta di pericolosità dell'INGV).

Longitudine = ϕ_{ED50} 14,228021°

Latitudine = λ_{ED50} 41,478323°

Siti di riferimento:

	ID	Latitudine (°)	Longitudine	Distanza (m)
Sito 1	30314	41,482650	14,224380	568,8
Sito 2	30315	41,482200	14,291150	5276,6
Sito 3	30537	41,432210	14,290500	7307,7
Sito 4	30536	41,432650	14,223820	5090,7

Valori dei parametri ag, Fo, Tc* per i periodi di ritorno TR associati a ciascuno Stato Limite:

STATO LIMITE	TR [anni]	ag [g]	Fo	Tc* [s]
Operatività SLO	30	0.066	2.396	0.279
Danno SLD	50	0.085	2.380	0.293
Salvaguardia vita SLV	475	0.254	2.334	0.364
Prevenzione collasso SLC	975	0.340	2.373	0.386

Coefficienti sismici:

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/sec^2]	Beta [-]
SLO	1,200	1,420	1,200	0,000	---	0,929	---
SLD	1,200	1,410	1,200	0,058	0,029	1,206	0,470
SLV	1,160	1,350	1,200	0,134	0,067	3,463	0,380
SLC	1,080	1,330	1,200	0,000	---	4,325	---

Nelle NTC del 2018, l'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire da una "pericolosità sismica di base", in condizioni ideali del sito di riferimento con superficie topografica orizzontale (Categoria A), definita da tre parametri:

- Accelerazione orizzontale massima del terreno tipo A (ag);
- Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale (Fo);
- Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale (T'c).

Di seguito si riporta, per lo specifico sito oggetto d'intervento edilizio, i tre parametri sopra menzionati.

Il valore di $a_{max,s,}$ per il sito in esame viene ricavato secondo la relazione:

$$\mathbf{a_{max,s} = ag \times S}$$

dove:

$\mathbf{a_g}$ = Accelerazione orizzontale massima al sito fornito dalla griglia sismica di riferimento nazionale e funzione del periodo di ritorno (vedi tabella);

S = Coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente: S = Ss x St essendo:

Ss = Coefficiente di amplificazione stratigrafica (vedi tabella per i coefficienti sismici);

St = Coefficiente di amplificazione topografica (pari ad 1.20 avendo considerato una categoria topografica T2).

8.2 Determinazione della categoria di suolo fondazionale

Le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni contenute nel Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018, propongono l'adozione di un sistema di caratterizzazione geofisica e geotecnica del profilo stratigrafico del suolo, mediante cinque (A – B – C – D – E) tipologie di suoli, da individuare in relazione ai parametri di velocità delle onde di taglio mediate sui primi 30 metri di terreno (V_{S30}). In particolare:

A. Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/sec, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 mt.

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/sec e 800 m/sec.

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

D. Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiore ai 30 mt, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi 100 m/sec e 180 m/sec.

E. Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 mt.

L'appartenenza ad una delle categorie di sottosuolo sopra definite, viene fatto attraverso la determinazione della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 metri di profondità (V_{S30}), definita dall'espressione:

$$\mathbf{V_{S,\,eq} = H / \sum (hi / Vs,i)}$$

dove si indica con:

hi = spessore dell'i-esimo strato

Vs,i = velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato

N = Numero degli strati

H = Profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da Vs non inferiore a 800 m/sec.

Nella fattispecie tenendo conto dei valori di velocità delle onde S ottenuti dalle prospezioni sismiche MASW, a partire dal piano campagna attuale si ha:

MASW 1 - V_{S30} = 547 m/sec

MASW 2 - V_{S30} = 441 m/sec

MASW 3 - V_{S30} = 487 m/sec

e quindi il sito de-quo rientra nella Categoria di Suolo B.

Nelle NTC del 2018, la valutazione dello *"Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali"* è funzione, oltre ad altri parametri, anche di $\mathbf{S_T}$ (Coefficiente di amplificazione topografica).

Per tener conto delle condizioni topografiche del sito e in assenza di specifiche indagini di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico $\mathbf{S_T}$ in funzione delle categorie topografiche definite in tabella.

Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche	
Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i < 15°
T2	Pendii con inclinazione media i > 15°
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media 15°≤ i ≤ 30°
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media i > 30°

Tabella 3.2.VI – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T		
Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	---	1.0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1.2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1.2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1.4

Poiché i settori interessati dagli interventi risultano ubicate in aree inclinate e terrazzate, deve essere classificato come appartenente alla Categoria topografica – T2 -, a cui corrisponde un Coefficiente di amplificazione topografica $S_T = 1.20$.

9. COMPORTAMENTO DEI DEPOSITI DI COPERTURA

E' importante anche affrontare il problema della stabilità dei depositi di copertura che ammantano il bed-rock carbonatico. La stabilità di questa coltre superficiale, è regolata oltre che dalla pendenza del versante, anche e soprattutto dalla circolazione delle acque.

Le coperture eluvio-colluviali che ammantano le rocce carbonatiche, particolarmente mobili per il continuo trasporto e rimaneggiamento subito ad opera delle acque dilavanti, hanno spessori via via crescenti da monte a valle ed una permeabilità per porosità variabile da zona a zona, ma sempre di grado non elevato. Ciò contrasta con la permeabilità per fessurazione delle rocce carbonatiche sottostanti.

A queste differenze di permeabilità sono in parte legati i potenziali fenomeni di dissesto.

In effetti, come è noto, nei massicci carbonatici le acque di infiltrazione efficace percolano verso la falda di base seguendo percorsi prevalentemente sub-verticali, la cui complessità è legata a vari fattori, quali la distribuzione della fatturazione, la giacitura dei piani di strato e dei livelli a minore permeabilità relativa, etc.

A ciò va aggiunto il fatto che le condizioni di circolazione idrica possono cambiare anche in funzione del tipo di precipitazioni meteoriche, della loro maggiore o minore concentrazione nel tempo e del periodo in cui queste si verificano.

Di seguito si esegue una schematizzazione della fenomenologia, ipotizzando particolari eventi piovosi riferiti, sia alla fine dei periodi di magra, che nei periodi di piena dell'anno idrologico: piogge di media intensità ben distribuite nel tempo e piogge intense concentrate nel tempo.

Il mezzo ricevente può esser distinto in tre strati che, dall'alto verso il basso, comprendono la coltre detritica sciolta (più o meno pedogenizzata nella porzione superiore), uno spessore di qualche decina di metri di roccia carbonatica abbastanza fratturata e la sottostante roccia carbonatica relativamente meno fratturata.

In magra, le scarse acque di pioggia, generalmente ben distribuite nel tempo, vengono agevolmente assorbite e ritenute dalla coltre detritica in quanto dotata di una discreta porosità. Soltanto dopo che è stato soddisfatto il fabbisogno di acqua di ritenzione della parte superficiale dello strato incoerente, ha inizio la percolazione verso la falda di base; fenomeno, questo, facilitato dalla fondamentale azione di drenaggio esercitata dal substrato carbonatico ad altissima permeabilità.

Negli stessi periodi di magra, le acque dei rari eventi piovosi ad elevata intensità e concentrati nel tempo vengono inizialmente assorbite dal terreno; subito si crea, però, uno strato superficiale saturo in quanto l'equilibrio, tra i quantitativi di acqua che riescono ad essere smaltiti nel sottosuolo e quelli che affluiscono sul suolo, risulta nettamente sbilanciato verso questi ultimi. A parità di quantitativi di pioggia caduta si verifica quindi, rispetto all'esempio precedente, una maggiore difficoltà di infiltrazione.

Nei periodi di piena, le acque delle frequenti piogge ben distribuite nel tempo vengono assorbite dalla coltre detritica e successivamente drenate dal substrato carbonatico. Non si verificano fenomeni di ruscellamento superficiale, né fenomeni di ritenzione nel suolo, in quanto la copertura piroclastica è generalmente satura.

Negli stessi periodi di piena, in condizioni di afflusso meteorico maggiore del precedente (ma ugualmente ben distribuito nel tempo), la coltre detritica assorbe l'acqua a scapito dei deflussi superficiali e ciò anche per effetto dell'azione frenante esercitata dalla copertura vegetale sulle acque di ruscellamento.

Gli abbondanti quantitativi di acqua così assorbiti vengono drenati dal substrato carbonatico ad altissima permeabilità e, nella zona di passaggio verso la massa carbonatica sottostante (meno ricettiva), si può creare una fascia con fratture sature per l'afflusso di un massa d'acqua superiore alla capacità di smaltimento delle stesse verso il basso.

In quest'ultimo caso, al di sopra della fascia satura si crea un deflusso con direzione sub-parallela alle linee di massima pendenza del versante.

Sempre nei periodi di piena, con precipitazioni intense e concentrate nel tempo, rispetto al caso precedente, si osservano non solo fenomeni di ruscellamento superficiale più vistosi ma, grazie all'intensa azione drenante esercitata dalle rocce carbonatiche sui detriti, si verifica anche un certo aumento dei quantitativi d'acqua di infiltrazione efficace; aumento, questo, che risulta massimo nella parte alta del versante dove la potenza della coltre detritica è alquanto modesta.

Lo spessore della roccia satura, che si crea nella zona di passaggio tra le fasce carbonatiche a diversa permeabilità relativa, tende ad ispessirsi fino ad interessare la base della copertura detritica.

A questo punto, si può considerare la base della zona satura come impermeabile. E' quindi evidente che, nel tratto dia acquifero sovrastante, si possono creare condizioni di deflusso simili a quella di una falda confinata o semiconfinata, la cui piezometrica può trovarsi sia al di sopra che al di sotto della superficie del suolo.

In un caso e nell'altro, si verificano condizioni di sottopressione della coltre detritica di copertura.

Nei periodi normalmente piovosi le coperture detritiche tendono ad assorbire una quantità d'acqua senz'altro inferiore a quella che sono capaci di assorbire le rocce carbonatiche. Se le rocce carbonatiche riescono a smaltire in profondità le acque sotterranee, realizzano un buon drenaggio delle soprastanti coperture detritiche, che generalmente sono completamente imbibite.

In questo caso i dissesti sono funzione della pendenza del versante e delle caratteristiche geotecniche dei terreni piroclastici.

Quando la massa carbonatica non riesce a smaltire le acque sotterranee, queste sono costrette a seguire anche percorsi orizzontali e, quindi, sono dirette verso le coperture detritiche.

In tali condizioni non si realizza il drenaggio da parte delle rocce carbonatiche sottostanti, ma anzi l'acqua in genere defluisce lungo il contatto tra la copertura completamente imbevuta e la massa carbonatica.

In tal modo la pendenza del versante ha interesse secondario nel gioco delle resistente offerte dal materiale.

Entrambe le situazione testè descritte sono legate ad eventi meteorici del tutto normali per l'area in esame; purtuttavia le precipitazioni sono certamente rilevanti, ma non sono da considerare eccezionali.

Nell'area in esame, considerato che le pendenze sono nel complesso contenute soprattutto per il tratto di versante al di sotto dell'isoipsa dei 925 m slm, dove maggiore è lo spessore della coltre di ricoprimento, e che le caratteristiche geotecniche della coltre detritico-colluviale sono da considerarsi nel complesso sufficienti, si rileva che l'unico elemento che potrebbe innescare un fenomeno di dissesto è da legare alla scarsa regimentazione delle acque meteoriche. A tali potenziali problematiche di stabilità si potrebbe ovviare attuando delle canalizzazioni volte a smaltire le acque di superficie e ad eliminare o quantomeno contenere le infiltrazioni in profondità.

In effetti, i drenaggi sono utili per una serie di motivi: possono controllare il movimento dell'acqua in superficie e, mediante la loro influenza sulle condizioni idrauliche al contorno rispetto al regime di infiltrazione, possono causare in profondità le desiderate riduzione delle pressioni neutre. In effetti, una riduzione di tale pressioni produce un aumento delle tensioni normali efficaci e conseguentemente in incremento della resistenza al taglio.

10. OPERE DI INTERVENTO PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO

Le caratteristiche lito-morfo-clivometriche rilevate lungo i due settori interessati dagli assi viari, impongono in alcuni settori la messa in opera di alcuni specifici interventi di mitigazione in modo da stabilizzare la coltre detritico-colluviale poggiata sul bed-rock carbonatico ed abbassare così il livello di vulnerabilità e di rischio che coinvolge i fabbricati e le infrastrutture pubbliche e private esistenti.

Per prima cosa è stata valutata dallo scrivente l'opportunità di applicare lungo il versante tecniche afferenti all'Ingegneria naturalistica (I.N.).

Come è noto le opere realizzate con l'impiego di materiale vivo, che caratterizza l'I.N., debbono rispondere fondamentalmente a tre funzioni: *tecnica, naturalistica, estetica.*

Per *funzione tecnica* s'intende la capacità degli elementi vegetali da svolgere una funzione di contrasto al dissesto idrogeologico attraverso il rinforzo e l'ancoraggio del terreno per opera dell'apparato radicale, la riduzione dell'effetto erosivo delle precipitazioni e la riduzione conseguente del deflusso idrico superficiale.

La *funzione naturalistica* è data dalla presenza stessa della vegetazione che determina l'aumento della componente naturale di un sito.

Per quanto riguarda la *funzione estetica*, la presenza della vegetazione promuove gli aspetti paesaggistici attraverso la riduzione dell'impatto visivo delle opere e delle infrastrutture per le quali si utilizzano.

L'utilizzo di materiali più economici come il legname e piante rispetto ai classici ferro e calcestruzzo in certi casi possono compensare la maggiore manodopera e risultare economicamente più conveniente.

Però è necessario anche ammettere che le opere di I.N. subiscono anch'esse un'evoluzione nel tempo modificando la propria efficacia ed efficienza.

Lo scrivente, dopo aver debitamente valutato i limiti dell'I.N. per la situazione geologica e morfoclivometrica esistente, ritiene possibile il loro impiego tenuto conto del contesto paesaggistico di pregio esistente nell'area.

In particolare:

1. Regimazione delle acque

E' opportuno evitare la corrivazione ed i ristagni idrici. Dette acque determinano di fatto uno scadimento delle caratteristiche geotecniche dei terreni di sedime (coesione ed angolo di resistenza al taglio), sì da innescare piccoli e localizzati scoscendimenti retrogradi. Quindi, come spiegato, questi fenomeni di dissesto, seppure circoscritti, sono determinati in tutto o in parte dal disordine idraulico, sia per cause naturali che antropiche; l'acqua di ruscellamento e di ristagno risulta essere in sintesi l'elemento determinante per l'innesco di dissesti della coltre detritico-colluviale.

La sua corretta regimentazione è l'elemento chiave per la risoluzione dei problemi, in quanto riduce il rischio di reinnesco dei fenomeni erosivi e di franamento e migliora le condizioni di attecchimento e sviluppo della vegetazione (riducendo il dilavamento ed i ristagni idrici).

Le canalizzazioni hanno lo scopo di allontanare e di raccogliere le acque superficiali.

In particolare, si consiglia l'utilizzo di canalette superficiali che hanno l'obiettivo di captare ed allontanare le acque superficiali, non solo quelle provenienti dalle precipitazioni o dalle emergenze idriche ma anche quelle stagnanti.

I sistemi di drenaggio superficiale hanno un impatto ambientale abbastanza contenuto, assolvendo bene il compito di garantire la necessaria efficacia tecnico-funzionale dell'intervento. E' indispensabile che tutti gli scarichi delle canalizzazioni siano condotti al più vicino impluvio.

2. Difese delle scarpate esistenti

b1. Palizzata viva semplice

Per quanto riguarda, invece, il consolidamento delle piccole scarpate costituite da materiale detritico-colluviale, è consigliabile l'utilizzo di strutture realizzate in materiale vivo, come ad esempio le palificate vive in legname a parete semplice. Questo intervento finalizzato alla stabilizzazione delle scarpate, consiste nella realizzazione di strutture in legname traversali alla linea di massima pendenza e nella posa a dimora di materiale vegetale vivo.

In particolare, dette palizzate saranno costituite da pali di larice o castagno, lunghi circa 1.50 mt e con diametro di 10 – 15 cm, posti ad un interasse di 0.30 – 0.50 mt. I pali di legno saranno conficcati nel terreno per almeno due terzi della lunghezza, con asse verticale i leggermente in controtendenza a monte; sulla

parte sporgente verranno posati il tondame trasversale in più ordine sovrapposti, avente la funzione di trattenere il materiale retrostante e quindi di garantire la sua stabilità.

Queste tecniche possono essere integrate attraverso l'uso di stuoie o tessuti in materiale naturale o sintetico che favoriscono la formazione della vegetazione e riducono l'asportazione del terreno.

Queste strutture così realizzate, agendo a gravità come un corpo unico, contrastano efficacemente la spinta delle terre e, grazie all'inerbimento, diffuso del paramento, determinano un basso impatto sull'ambiente circostante. Inoltre, queste strutture, presentano un notevole grado di flessibilità che permette loro di assorbire cedimenti differenziali e cedimenti a medio-lungo termine, senza mettere in crisi la stabilità globale dell'opera.

b2. Gradonata e cordonata viva

Questo intervento serve per la stabilizzazione delle scarpate e consiste nella realizzazione di banchine trasversali alla linea di massima pendenza, costituite nel dettaglio da uno scavo in contropendenza nel quale viene posto a dimora materiale vivo (talee, piantine), ricoperto con il terreno derivante dallo scavo della banchina posta a monte.

Operativametne si procede all'apertura di uno scavo continuo disposto lungo la curc adi livello della scarpata, realizzando una banchina di profondità 50 – 100 cm, realizzata con una contropendenza a monte di ca. il 10%. Sul piano della banchina viene posto a dimora il materiale vegetale, ortogonalmente alla linea

di massima pendenza, con densità differnziato in rapporto al materiale impiegato.

Le gradonate e cordonate presentano modalità esecutive generali praticamente identiche, caratterizzate da grande semplicità e molta flessibilità.

b3. Gabbionata

Alcuni tratti di scarpate più alte e soggette a scoscendimenti retrogradi che coinvolgono volumi più importanti, potrebbero essere sistemati mediante la realizzazione di gabbionate a scatola rinverdite.

La gabbionata a scatola è un'opera di sostegno modulare formata da elementi a forma di parallelepipedo in rete a doppia torsione tessuta con trafilato in acciaio riempite con pietrame.

La struttura modulare è realizzata con tecniche costruttive semplici e rapide e la rete metallica è costituita da filo di acciaio protetto con zincatura forte, atto a far aumentare la resistenza alla corrosione.

In particolare, prima della messa in opera, ciascun gabbione sarà aperto, appoggiato su un terreno stabile ed in piano, quindi stirato, avendo cura di eliminare ogni grinza e controllando che le linee di piegatura siano nella corretta posizione, in modo da poter formare la scatola.

L'assemblaggio dei gabbioni, avverrà accostando gli scatolari per ciascun strato, allineandoli e legandoli l'uno all'altro, prima di procedere con il riempimento con pietrame.

I gabbioni verranno accostati fronte contro fronte o retro contro retro, in modo da facilitare l'operazione di riempimento degli stessi.

Dopo aver posizionati e legati l'uno all'atro, i gabbioni saranno riempiti con materiale lapideo non gelivo, avente pezzatura non superiore ai 25 cm e di dimensioni non inferiori al diametro della maglia. Le dimensioni saranno comprese in un intervallo tra 7.5 e 20 cm.

Il riempimento sarà eseguito manualmente o meccanicamente, ed avverrà per strati successivi, dello spessore di 30 cm, partendo dall'estremità della fila di gabbioni, collegata alla serie che è stata riempita in precedenza.

Il materiale sarà ben assestato, garantendo un elevato addensamento, in modo da evitare possibili deformazioni durante la messa in opera.

Al termine di ogni strato di riempimento, si realizzeranno dei tiranti in filo metallico, disposti in numero pari ad almeno a 3 per metro di altezza: utilizzando gabbioni alti 1 mt, si avrà un tirante ad 1/3 dell'altezza e l'altro a 2/3. Detti tiranti consentiranno di evitare deformazioni indesiderate della struttura.

Per il riempimento dei gabbioni si utilizzerà, come già detto, materiale lapideo disponibile nelle vicinanze ed avrà caratteristiche granulometriche e peso specifico soddisfacente a garantire l'efficienza dell'opera nel tempo (ciottolame o pietrame a grana di grossa pezzatura, alluvionale o di cava).

Il pietrame sarà non gelivo, non friabile e di buona durezza.

Il riempimento dei gabbioni avverrà con cura utilizzando pezzature di pietrame diversificate in modo da minimizzare la presenza di vuoti.

La gabbionata nel complesso risulta essere un'opera di sostegno permeabile, resistente ed allo stesso tempo flessibile in grado di opporsi, senza grandi deformazioni dei singoli elementi, ad assestamenti e/o cedimenti del piano di posa o spinte del terreno a tergo.

La struttura modulare e la forma degli elementi conferiscono all'opera realizzata una notevole capacità di adattamento alle diverse conformazioni plano-altimetriche del terreno e viene utilizzata proprio in interventi di sistemazione in alveo e difese spondale, consentendo appunto la realizzazione di opere anche di ridotte dimensioni ed in zone di difficile accesso.

Tra le file dei gabbioni è consigliabile l'inserimento anche delle talee arbustive.

11. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Lo studio eseguito ha permesso di valutare le caratteristiche litologiche, morfologiche e meccaniche dei materiali che costituiscono le aree site alla base del Monte Capo le Mandre, nell'ambito del progetto per la stabilizzazione e consolidamento dei dissesti idrogeologici in zone a rischio molto elevato.

Dall'esatta ubicazione delle due aree sulla cartografia del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico - Rischio Frana – redatto dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino meridionale, è possibile affermare che i settori oggetto di studio risultano classificati come "A4" e "C1".

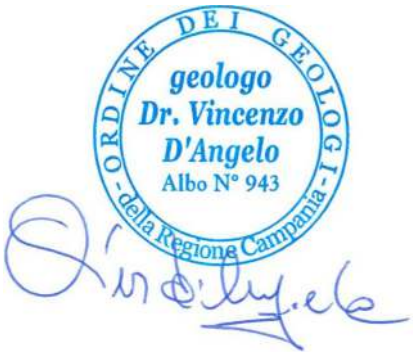
Gli interventi di mitigazione proposti, seppure ridurranno drasticamente i principali effetti prodotti dai dissesti idrogeologici sul paesaggio, sull'urbanizzazione ed infrastrutturizzazione esistente, sulle condizioni ambientali, rimarrà comunque un rischio residuo, seppure piccolo, legato appunto alla complessa natura dei fenomeni coinvolti ma soprattutto per la complessità del sito in esame sotto il profilo spiccatamente geologico, morfologico e strutturale.

Tanto dovevasi per ottemperare all'incarico ricevuto.

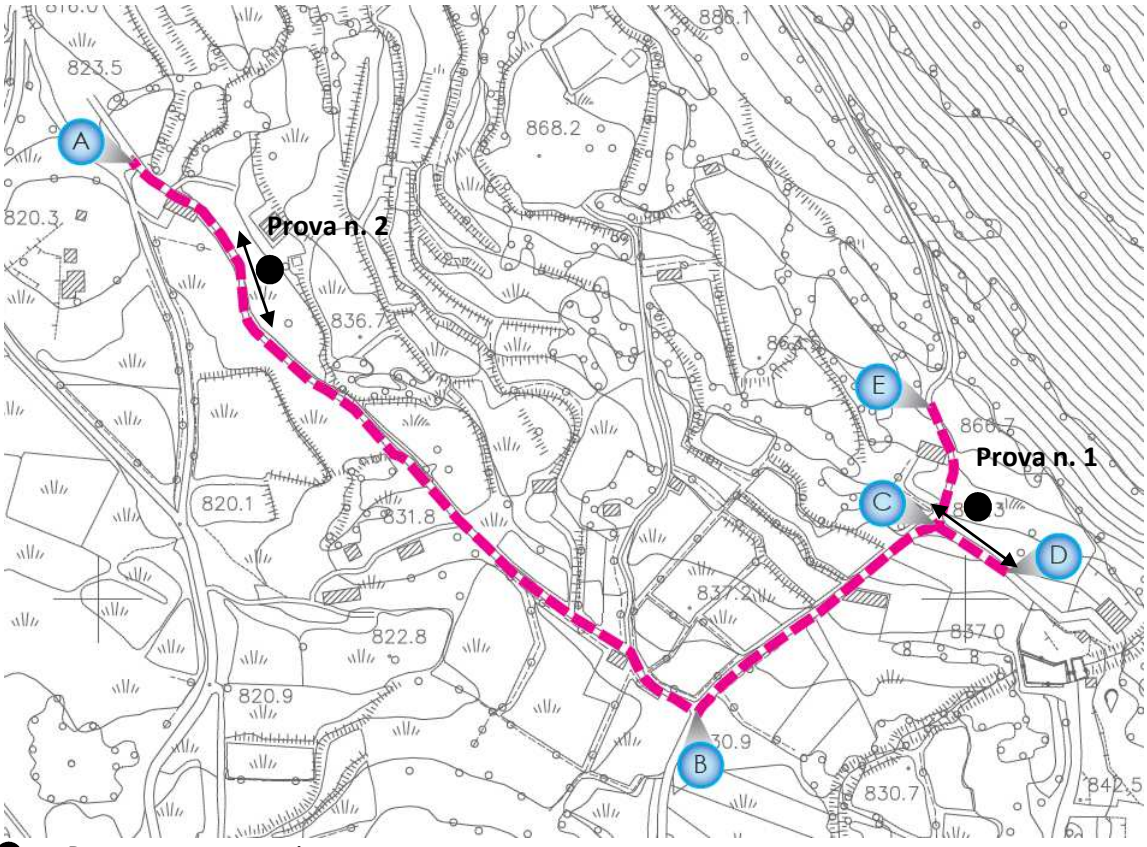
Vairano Scalo, Settembre 2021

Il Tecnico Incaricato

Dott. Geol. Vincenzo D'Angelo

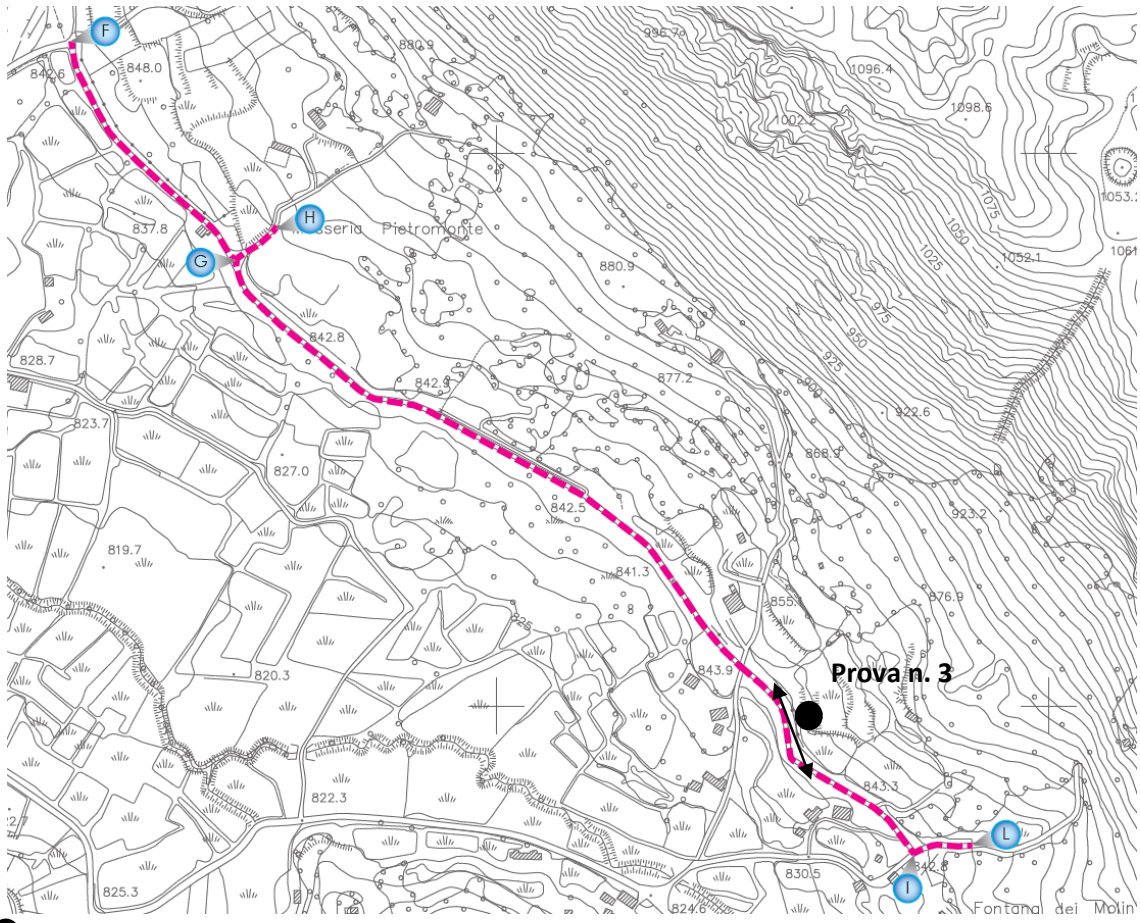


Localizzazione prove



Prova penetrometrica

Prova sismica



Prova penetrometrica

Prova sismica

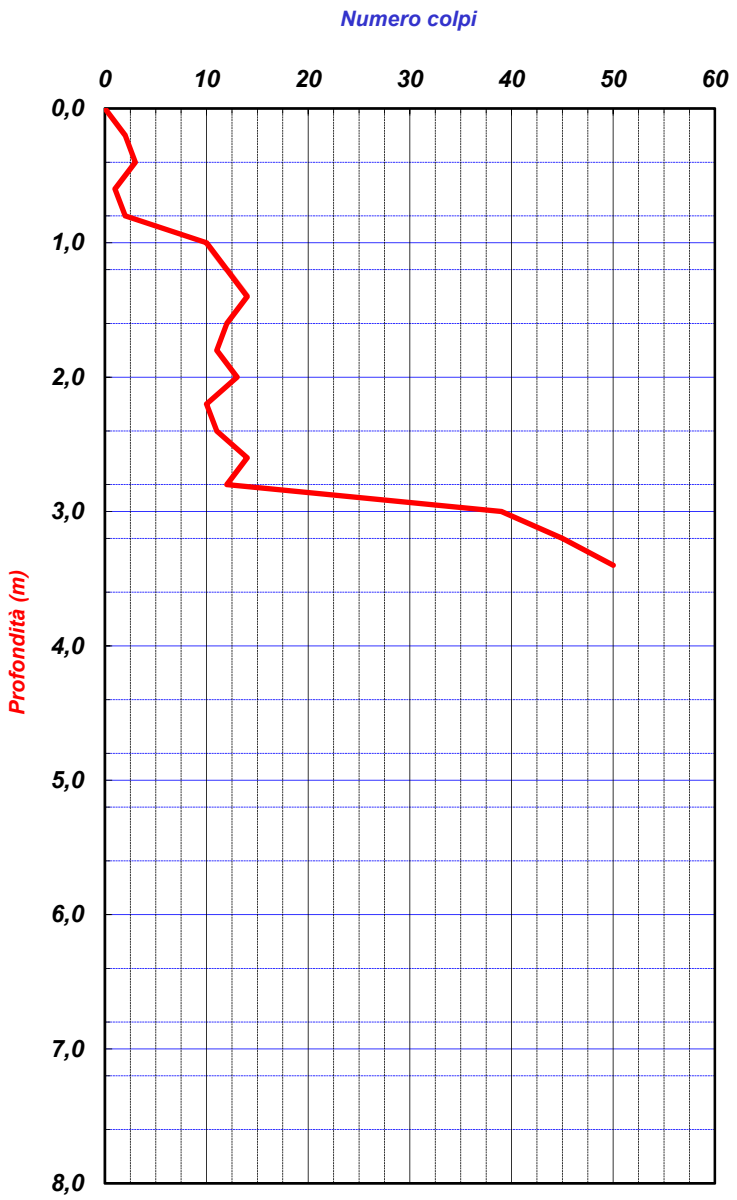
GEOTEKNE S.r.l.
Via S. D'Acquisto - I Trav. n°7
81031 Aversa | CE

Reg. Imprese CCIAA n° 207244
P.iva 02939870610

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE DPSH

COMMITTENTE:	**Comune di Gallo Matese (Ce)**	**Sigla Prova**	**DPSH 1**
OGGETTO:	**Indagini geognostiche destinata allo studio geologico per la stabilizzazione e consolidamento dei dissesti idrogeologici**		
LOCALITA':	**Comune di Gallo Matese (Ce)**		
MODELLO SONDA: TG63-100	**PESO ASTE: 5,1 Kg** / **APERTURA DELLA PUNTA: 90°**		
COORDINATE GEOGRAFICHE	**Lat: 41° 28' 38,70" N** / **Long: 14° 13' 38,02" E**		
DATA ESECUZIONE PROVA:	**22/09/2021** / **campione indisturbato (m)**	**Pagina**	**1/1**

Prof.	num. Colpi	Prof.	num. Colpi	Prof.	num. Colpi	Prof.	num. Colpi
0,00	0						
0,20	2						
0,40	3						
0,60	1						
0,80	2						
1,00	10						
1,20	12						
1,40	14						
1,60	12						
1,80	11						
2,00	13						
2,20	10						
2,40	11						
2,60	14						
2,80	12						
3,00	39						
3,20	45						
3,40	50						



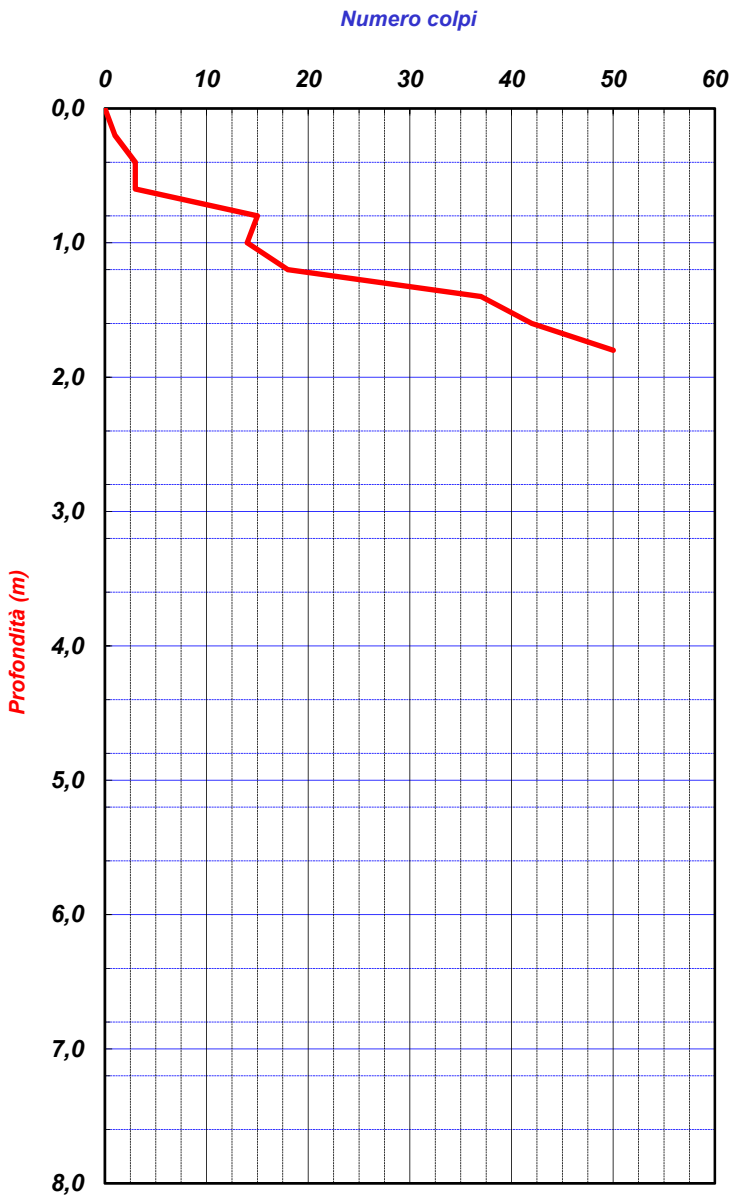
GEOTEKNE S.r.l.
Via S. D'Acquisto - I Trav. n°7
81031 Aversa | CE

Reg. Imprese CCIAA n° 207244
P.iva 02939870610

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE DPSH

COMMITTENTE:	**Comune di Gallo Matese (Ce)**	**Sigla Prova**	**DPSH 2**
OGGETTO:	**Indagini geognostiche destinata allo studio geologico per la stabilizzazione e consolidamento dei dissesti idrogeologici**		
LOCALITA':	**Comune di Gallo Matese (Ce)**		
MODELLO SONDA: TG63-100	**PESO ASTE: 5,1 Kg** / **APERTURA DELLA PUNTA: 90°**		
COORDINATE GEOGRAFICHE	**Lat: 41° 28' 43,53" N** / **Long: 14° 13' 20,48" E**		
DATA ESECUZIONE PROVA:	**22/09/2021** / **campione indisturbato (m)**	**Pagina**	**1/1**

Prof.	num. Colpi	Prof.	num. Colpi	Prof.	num. Colpi	Prof.	num. Colpi
0,00	0						
0,20	1						
0,40	3						
0,60	3						
0,80	15						
1,00	14						
1,20	18						
1,40	37						
1,60	42						
1,80	50						



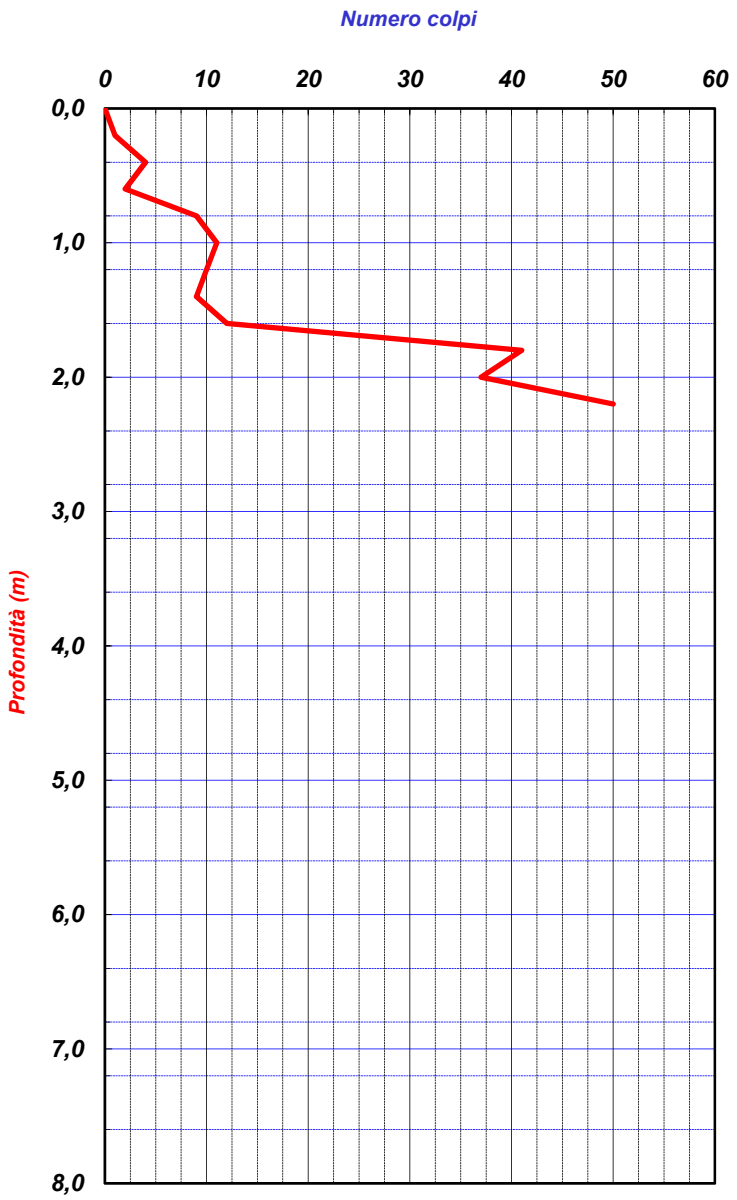
GEOTEKNE S.r.l.
Via S. D'Acquisto - I Trav. n°7
81031 Aversa | CE

Reg. Imprese CCIAA n° 207244
P.iva 02939870610

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE DPSH

COMMITTENTE:	**Comune di Gallo Matese (Ce)**	**Sigla Prova**	**DPSH 3**
OGGETTO:	**Indagini geognostiche destinata allo studio geologico per la stabilizzazione e consolidamento dei dissesti idrogeologici**		
LOCALITA':	**Comune di Gallo Matese (Ce)**		
MODELLO SONDA: TG63-100	**PESO ASTE: 5,1 Kg** / **APERTURA DELLA PUNTA: 90°**		
COORDINATE GEOGRAFICHE	**Lat: 41° 28' 43,53" N** / **Long: 14° 13' 20,48" E**		
DATA ESECUZIONE PROVA:	**22/09/2021** / **campione indisturbato (m)**	**Pagina**	**1/1**

Prof.	num. Colpi	Prof.	num. Colpi	Prof.	num. Colpi	Prof.	num. Colpi
0,00	0						
0,20	1						
0,40	4						
0,60	2						
0,80	9						
1,00	11						
1,20	10						
1,40	9						
1,60	12						
1,80	41						
2,00	37						
2,20	50						



Dr. Geol. Giancarlo Ferriero
Via R. Drengot n.70 – Aversa (Ce) – 81031
Cod. Fisc. FRR GCR 61E16 A512W
Partita IVA 01821720610

Prova sismica Masw (Multichannel Analysis of Surface Waver)

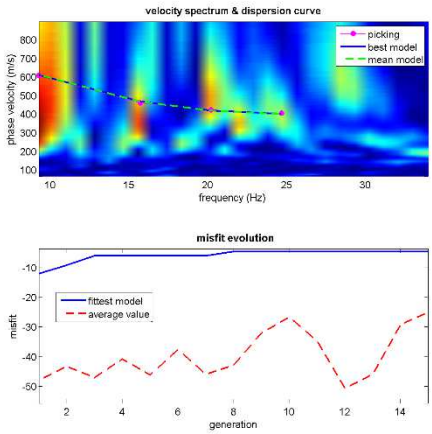
Committente: Camune di Gallo Matese (Ce)

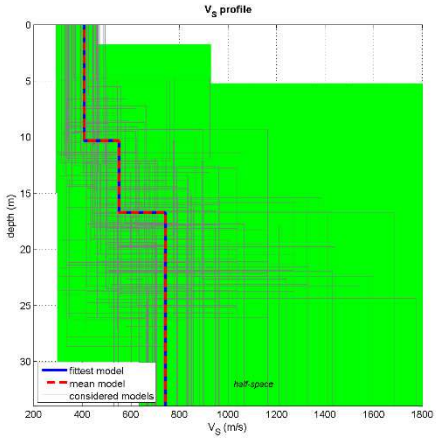
Cantiere: Gallo Matese (Ce)

Prova: n. 1

Data: 22/09/2021

Certificato di prova n° 050/2021





MASW n.1 modello medio		
Vs (m/s)	Densità (gr/cm3)	Spessore (m)
408	2.03	10.30
551	2.08	6.40
743	2.17	13.30
Valore calcolo Vs,eq = 547 m/sec		
Tipo di suolo **B**		

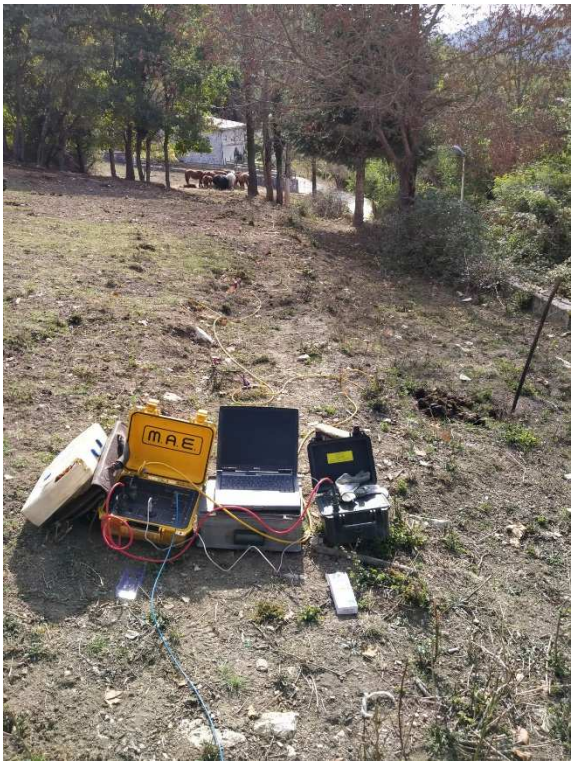
Tabelle stratigrafiche sismiche media individuate nell'area oggetto di studio:

Spessore m	Poisson	Young kg/cm2	Taglio kg/cm2	Compressibilità kg/cm2	Rigidità kg/cm2
10.30	0.37	928	338	1196	964
6.40	0.34	1692	632	1710	1341
13.30	0.36	3246	1195	3753	3069

Dr. Geol. Giancarlo Ferriero
Via R. Drengot n.70 – Aversa (Ce) – 81031
Cod. Fisc. FRR GCR 61E16 A512W
Partita IVA 01821720610

Localizzazione

Foto



Il tecnico

Dr. geol. Ferriero

Ordine dei Geologi Regione Campania
Dr. Giancarlo Ferriero
Albo n. 638

Dr. Geol. Giancarlo Ferriero
Via R. Drengot n.70 – Aversa (Ce) – 81031
Cod. Fisc. FRR GCR 61E16 A512W
Partita IVA 01821720610

Prova sismica Masw (Multichannel Analysis of Surface Waver)

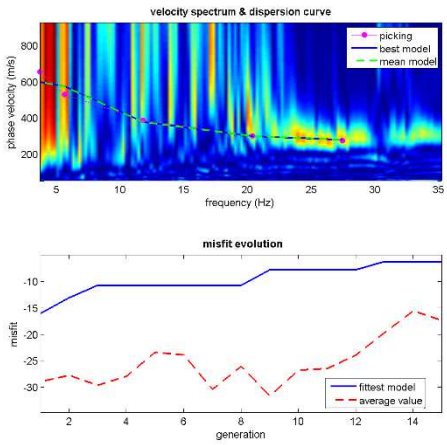
Committente: Camune di Gallo Matese (Ce)

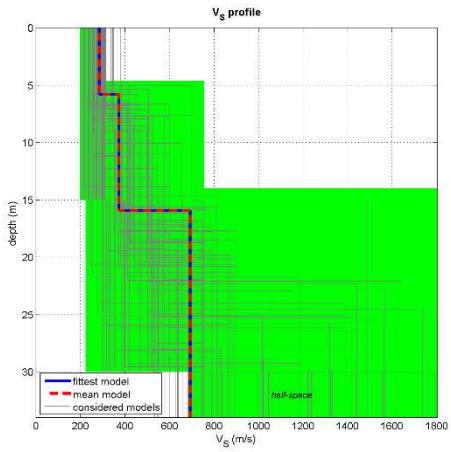
Cantiere: Gallo Matese (Ce)

Prova: n. 2

Data: 22/09/2021

Certificato di prova n° 051/2021





MASW n.1 modello medio		
Vs (m/s)	Densità (gr/cm3)	Spessore (m)
285	1.92	5.80
372	2.00	10.10
692	2.14	14.10
Valore calcolo Vs,eq = 442 m/sec		
Tipo di suolo **B**		

Tabelle stratigrafiche sismiche media individuate nell'area oggetto di studio:

Spessore m	Poisson	Young kg/cm2	Taglio kg/cm2	Compressibilità kg/cm2	Rigidità kg/cm2
5.80	0.34	419	156	434	332
10.10	0.36	753	277	878	712
14.10	0.35	2759	1025	2927	2385

Dr. Geol. Giancarlo Ferriero
Via R. Drengot n.70 – Aversa (Ce) – 81031
Cod. Fisc. FRR GCR 61E16 A512W
Partita IVA 01821720610

Localizzazione

Foto

Il tecnico

Dr. geol. Giancarlo Ferriero

Ordine dei Geologi della Regione Campania
Dr. Giancarlo Ferriero
Albo n. 638

Dr. Geol. Giancarlo Ferriero
Via R. Drengot n.70 – Aversa (Ce) – 81031
Cod. Fisc. FRR GCR 61E16 A512W
Partita IVA 01821720610

Prova sismica Masw (Multichannel Analysis of Surface Waver)

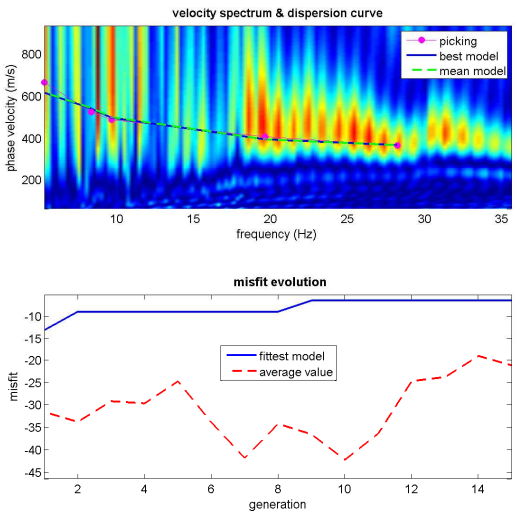
Committente: Camune di Gallo Matese (Ce)

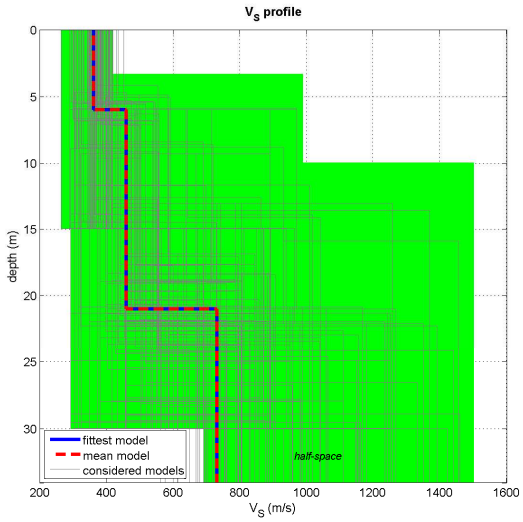
Cantiere: Gallo Matese (Ce)

Prova: n. 3

Data: 22/09/2021

Certificato di prova n° 052/2021





MASW n.1 modello medio		
Vs (m/s)	Densità (gr/cm3)	Spessore (m)
362	1.99	6.00
460	2.04	15.00
731	2.16	9.00
Valore calcolo Vs,eq = 488 m/sec		
Tipo di suolo **B**		

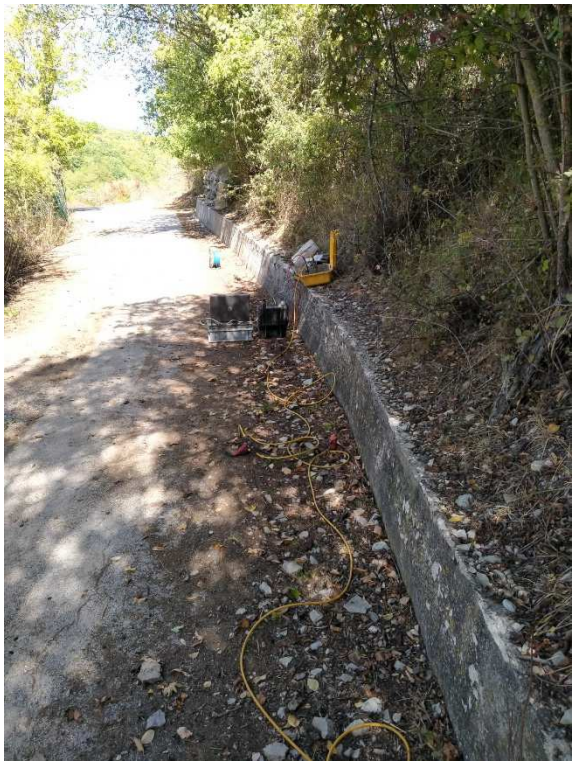
Tabelle stratigrafiche sismiche media individuate nell'area oggetto di studio:

Spessore m	Poisson	Young kg/cm2	Taglio kg/cm2	Compressibilità kg/cm2	Rigidità kg/cm2
6.00	0.36	710	261	831	671
15.00	0.35	1164	432	1241	1006
9.00	0.35	3110	1152	3391	2688

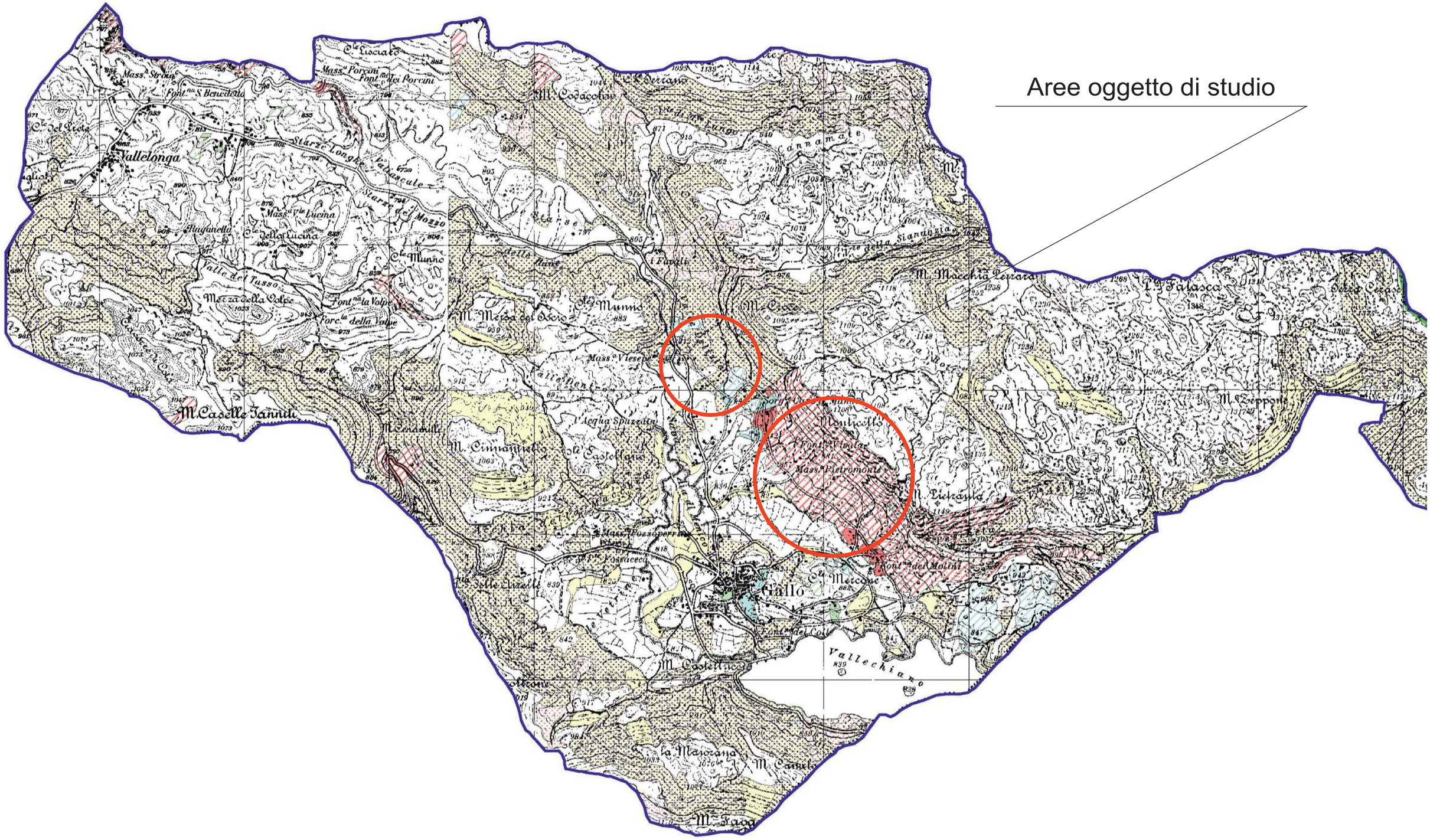
Dr. Geol. Giancarlo Ferriero
Via R. Drengot n.70 – Aversa (Ce) – 81031
Cod. Fisc. FRR GCR 61E16 A512W
Partita IVA 01821720610

Localizzazione

Foto



Il tecnico
Dr. geol. Giancarlo Ferriero

Ordine dei Geologi Regione Campania
geologo
Dr. Giancarlo Ferriero
Albo n. 638

Piano Assetto Idrogeologico - Rischio frana - dell'Autorità Distrettuale dell'Appennino meridionale