



PR CAMPANIA
FESR
2021-2027

ASIS
SALERNITANA
RETI E IMPIANTI s.p.a.



REALIZZAZIONE IMPIANTO DI DEPURAZIONE DI SAN GREGORIO MAGNO (SA)

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA

PFTE-G.01
Integ.

RELAZIONE GEOLOGICA E STUDIO DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

PROGETTISTI:
arch. Angelo Giuseppe Turco - U.T.C.
ing. Mario Policastro

Revisione progetto:
ing. Carmine Marchetta

GEOLOGO:
dott. Angelo Goffredo

RUP
ing. Laura Borea

DATA | MARZO 2020



REV.	DESCRIZIONE	DATA	VERIFICATORE/RESP. TECNICO
LUGLIO 2022	AGGIORNAMENTO PREZZI		
OTTOBRE 2025	REVISIONE PROGETTO		
MARZO 2026	INTEGRAZIONE		



REGIONE CAMPANIA
COMUNE DI SAN GREGORIO MAGNO
PROVINCIA DI SALERNO

PIANO OPERATIVO AMBIENTE FSC 2014/2020
D.G.R. 443 DEL 24/09/2019

Progetto: Realizzazione impianto di depurazione di San Gregorio Magno

Ubicazione: loc. Piè delle Vigne e loc. Filette - San Gregorio Magno (Sa)

Stazione Appaltante: Comune di San Gregorio Magno (Sa)

Progettisti: Ufficio Tecnico Comunale (Arch. Angelo Giuseppe Turco) - Prog. specialistica Ing. Mario Policastro

R.U.P.: geom. Nicola Fresca (Ufficio Tecnico Comunale)

PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO

ELABORATO:

- RELAZIONE GEOLOGICA

Tavola n. RG

IL R.U.P.
(geom. Nicola Fresca)

IL GEOLOGO
(Dott. Angelo Goffredo)

I PROGETTISTI
(Arch. Angelo Giuseppe Turco - U.T.C.)
(Ing. Mario Policastro)



INDICE

1. Premessa
2. Inquadramento territoriale – Opere previste dal progetto
3. Modello geologico e geomorfologico di riferimento – definizione dell'ambito morfologico significativo
4. Modellazione sismica del sito
5. Indagini eseguite
6. Pericolosità sismica
7. Caratterizzazione litostratigrafica e geotecnica
8. Osservazioni e conclusioni

ALLEGATI :

Cartografie

Prove in sito e di laboratorio (Fascicolo delle indagini geognostiche)

1. Premessa

Su incarico conferitomi con determina dell'Area Tecnica del Comune di San Gregorio Magno, lo scrivente Dott. Geologo Angelo Goffredo ha redatto il seguente studio finalizzato alla realizzazione degli elaborati necessari alla stesura della relazione geologica relativa al progetto per **realizzazione impianto di depurazione di San Gregorio Magno.**

Il progetto, nel dettaglio, prevede la realizzazione di due impianti di depurazione con relative opere di collegamento, evidenziati in dettaglio nel prosieguo del presente lavoro.

In particolare, è prevista la realizzazione di un nuovo impianto di depurazione da ubicare alla località **Piè delle Vigne**, a sud-est del centro abitato di San Gregorio Magno, il quale tratterà le acque reflue della gran parte del centro urbano, e di un secondo impianto di depurazione alla località **Filette**, posto ad ovest. Quest'ultimo tratterà le acque reflue provenienti dall'area artigianale (P.I.P.) in località Forluso e dalle abitazioni a valle dello stesso, attualmente non servite da impianti di depurazione. Inoltre, la posizione di quest'ultimo permetterà di poter far confluire in esso gli scarichi fognari della frazione abitata di "Lavanghe", delle abitazioni presenti lungo la strada provinciale in località Stritto, della località Forlusiello e della località Filette, compreso l'istituto scolastico d'istruzione secondaria.

Il presente studio è stato commisurato alle effettive problematiche geologiche presenti, in relazione alle opere a farsi e all'obiettivo progettuale prefissato; lo stesso è stato esteso ad un ambito geologico-geomorfologico significativo.

Dopo aver preso cognizione della situazione geologica locale è stato stilato un programma d'indagine tale da far acquisire tutti gli elementi indispensabili per la determinazione della natura dei terreni costituenti il substrato d'imposta delle opere in progetto. Il fine è quello di suggerire la soluzione tecnico-economica più confacente al caso in oggetto.

Il presente lavoro è stato condotto seguendo il dettato del D.M. 17/01/2018.

Per il progetto in esame sono state realizzate, oltre al rilievo dettagliato dell'area dal punto di vista geologico, geomorfologico ed idrogeologico, una importante campagna di indagini *in situ*, prove di laboratorio e verifiche, consistite in:

- Realizzazione di n° 1 sondaggio meccanici a carotaggio continuo;
- Realizzazione di n° 2 stendimenti sismici di tipo MASW;

oltre a:

- Prove di laboratorio sui campioni prelevati;

Andando nello specifico, il presente studio ottempera anche a quanto previsto dall'attuale Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale e nel caso di specie dalle vigenti Norme di Attuazione del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PSAI) allegate alle Norme di Attuazione dell'ex Autorità di Bacino Regionale Campania Sud ed Interregionale del fiume Sele.

In riferimento alle cartografie attualmente vigenti contenute nella rivisitazione del suddetto piano Stralcio, le aree interessate dagli interventi, per quel che riguarda la carta della pericolosità da frana (come si evince dagli stralci cartografici allegati) comprendono: **zona a pericolosità reale da frana Pf2a**, per quel che riguarda l'area da destinarsi all'impianto di depurazione denominato "Piè delle Vigne", **zona a pericolosità potenziale da frana P_utr2**, per quel che riguarda l'area da destinarsi all'impianto di depurazione denominato "Filette".

Le altre cartografie sono presenti in allegato alla relazione.

A seguito di quanto detto, il presente studio di compatibilità seguirà quanto previsto dalle suddette norme di attuazione, in riferimento alla redazione degli studi di compatibilità geologica per la pericolosità e rischio da frana. In particolare, verrà seguito il dettato dell'Allegato "H", per la parte denominata: Indirizzi tecnici per la redazione degli studi di compatibilità geologica per il Bacino Idrografico Interregionale Sele.

Lo scopo principale è quello di verificare la coerenza del progetto proposto con la normativa contenuta nel PSAI, con riferimento alle garanzie ed alle condizioni richieste per ogni intervento. Inoltre, verrà dimostrato che le opere a farsi non andranno a creare nuove condizioni di rischio incompatibili con quello sostenibile o appartenenti ad una classe più gravosa di quella esistente nella corrispondente area di pericolo.

Le infrastrutture in progetto non costituiranno un fattore di aumento della pericolosità da dissesto del versante. Inoltre, verranno garantite adeguate condizioni di sicurezza durante la permanenza del cantiere, in modo che i lavori si svolgeranno senza creare un significativo aumento del livello di rischio o del grado di esposizione al rischio esistente.

Per l'espletamento del presente incarico, è stata seguita la seguente scaletta:

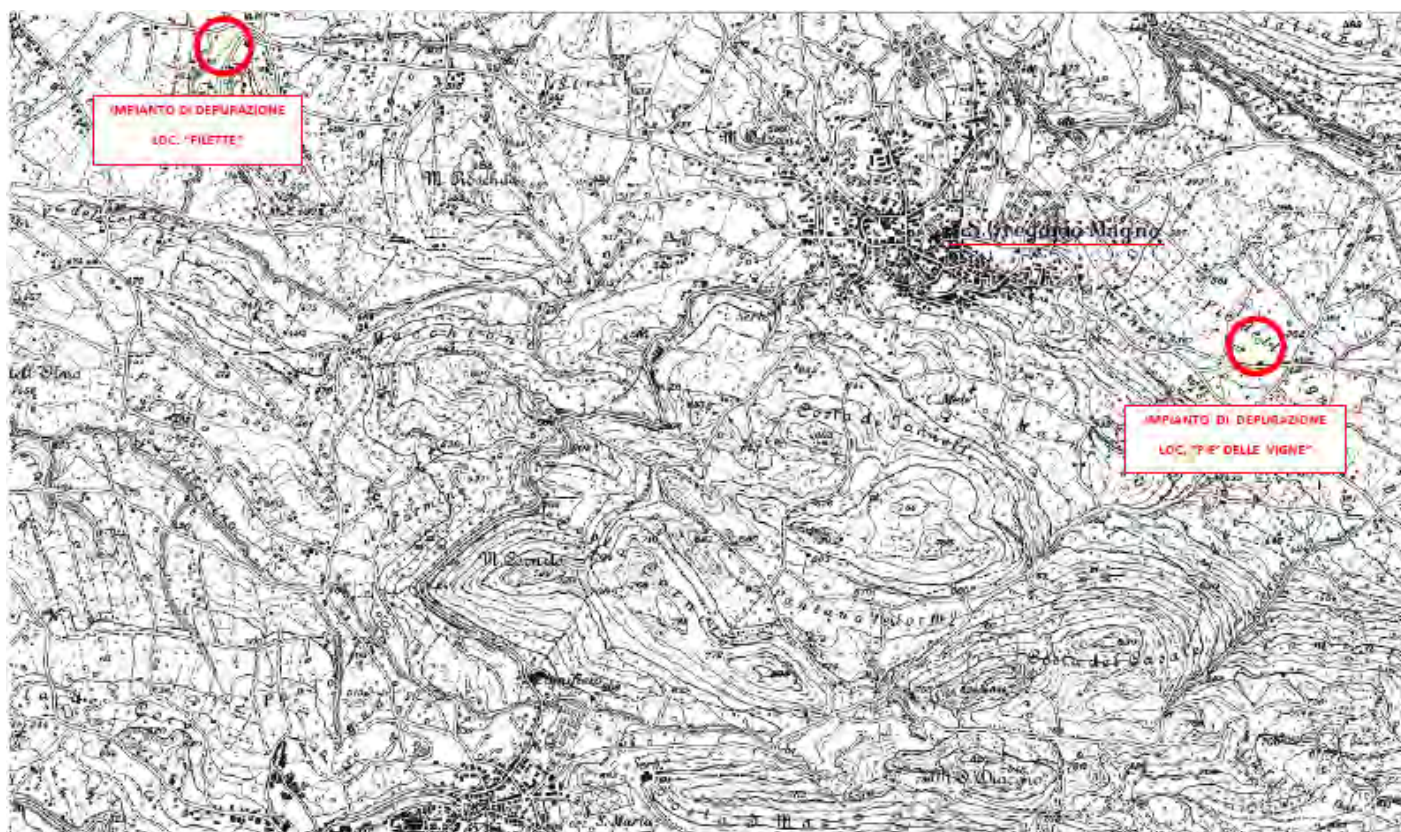
- a) Ricerca dati bibliografici e storici: la ricerca dei dati, come prima fase di studio è stata importantissima per l'intero studio svolto. Per questo fine sono stati utili anche le testimonianze storiche; queste hanno permesso di quantificare l'impatto antropico presente nell'area.

- b) Rilevamento geologico, geolitologico e geomorfologico: questo è stato esteso per un conveniente raggio sia a monte che a valle della superficie di interesse diretto. L'attenta osservazione delle dinamiche geologiche e geomorfologiche presenti hanno permesso di porre particolare attenzione alle condizioni di stabilità generale dell'area.
- c) Indagini in sito suddette, ad integrazione del meticoloso rilevamento effettuato, è stata realizzata una completa campagna di prove nell'area di stretto interesse, i cui risultati sono riportati di seguito.
- d) Raccolta ed elaborazione dati: l'ultima fase è consistita nell'elaborazione dei notevoli dati acquisiti e nella stesura della presente relazione finale.

E' stato ritenuto superfluo, alla luce delle notizie acquisite, ricorrere ad altre indagini che avrebbero solo confermato quanto già emerso dagli studi effettuati.

2. Inquadramento territoriale - Opere previste dal progetto

Il progetto, come già precisato, prevede la realizzazione di due impianti di depurazione con relative opere di collegamento, ricadenti nel territorio comunale di San Gregorio Magno. Per quel che riguarda lo specifico delle opere impiantistiche si rimanda agli specifici elaborati progettuali.



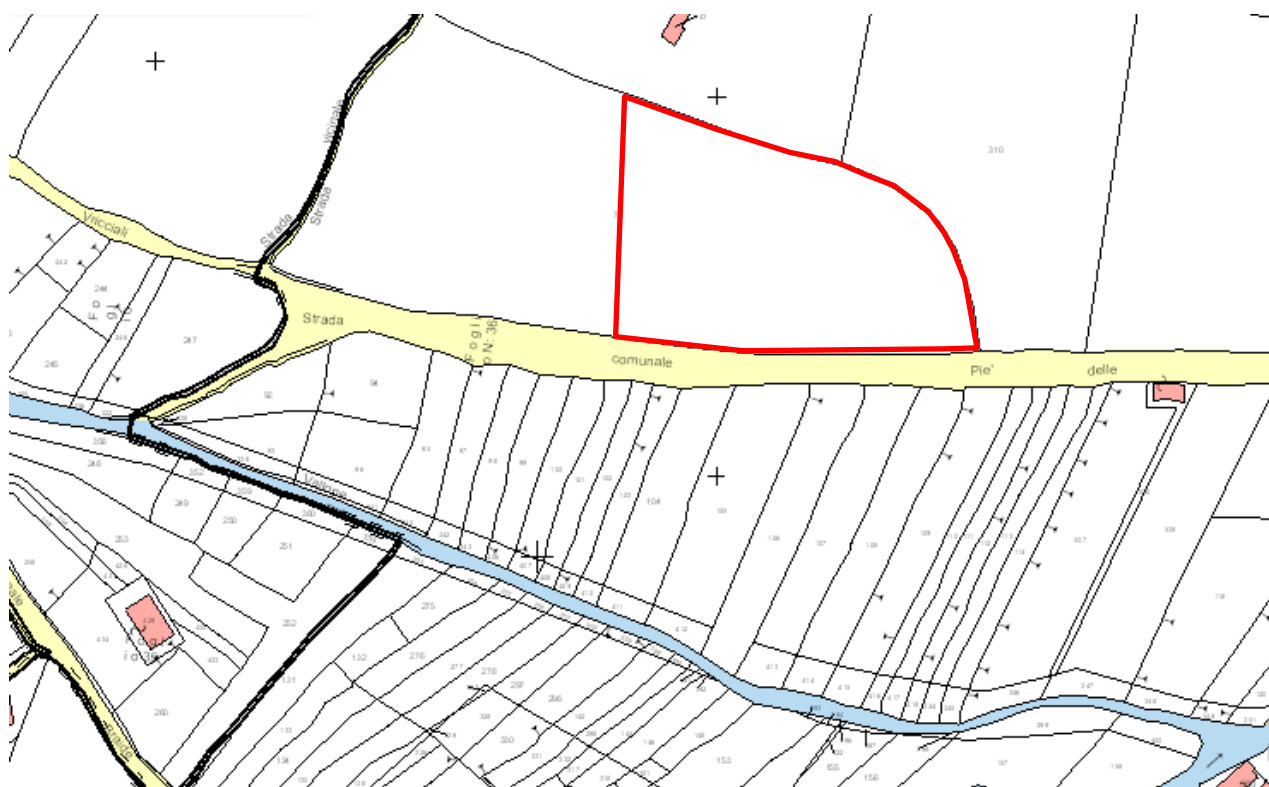
Inquadramento geografico delle aree di interesse

2.1. Impianto “Piè Delle Vigne”

E' prevista la realizzazione di un nuovo impianto di depurazione da ubicare alla località **Piè delle Vigne**, a sud-est del centro abitato di San Gregorio Magno.

Il sito di ubicazione dell'impianto è stato individuato alla località **Piè delle Vigne** e precisamente nel fondo identificato dalla **particella catastale n° 576 del foglio n° 36**, posto ad una quota di circa 370 metri.

Il nuovo impianto di depurazione tratterà le acque reflue di gran parte del centro abitato in sostituzione del fatiscente ed inefficiente impianto di loc. Serroni, oltre alle acque provenienti dall'area Vignali- S. Maria delle Grazie e dal mattatoio comunale.



Area catastale destinata all'impianto di depurazione Piè Delle Vigne (Foglio catastale n° 36, part. n° 576)

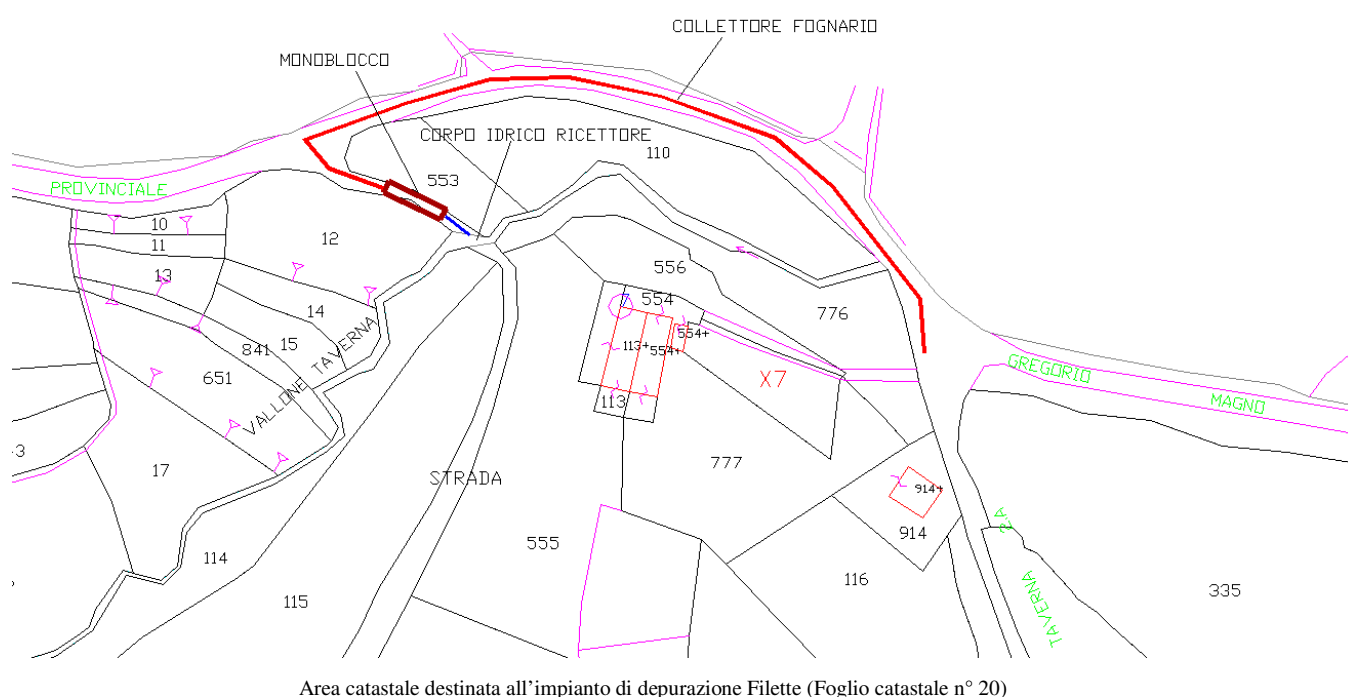
L'impianto, di tipo biologico, sarà della tipologia a fanghi attivi con vasche fuori terra. Lo scarico delle acque è previsto nel vallone Piè delle Vigne, posto poco a valle dell'area di interesse.

Il processo depurativo è stato progettato con l'obiettivo di ottenere un effluente idoneo ad essere scaricato in un corso d'acqua superficiale, rispettando i limiti previsti dal D.Lgs.152/2006 e ss.mm.ii.

Nel caso specifico di progetto, il corpo idrico ricettore è classificabile come “ad acquacorrente”. Trattasi, infatti di un vallone in cui confluiscono i canali di scolo dei terreni agricoli e le acque di pioggia del bacino imbrifero sotteso.

2.2. Impianto “Filette”

L’impianto di depurazione previsto alla loc. Filette sarà del tipo a monoblocco interrato, con recapito dello scarico nel vicino vallone Taverna. Il monoblocco verrà interrato su un vecchio tratto stradale comunale cieco attualmente in disuso, ma catastalmente definito (foglio catastale n.20), posto ad una quota di circa 470 metri.



Area catastale destinata all’impianto di depurazione Filette (Foglio catastale n° 20)

A monte dell’impianto di depurazione, al fine della salvaguardia dello stesso, è stato previsto un pozzetto scolmatore in modo da trattare adeguatamente le portate meteoriche derivanti da eventi piovosi intensi, garantendo comunque il trattamento delle acque di prima pioggia, con recapito nel vallone Taverna.

L’impianto di depurazione sarà a servizio dell’area PIP e delle frazioni rurali di Filette, Forluso, Taverna, Lavanghe e Stritto. L’impianto previsto è di tipo biologico a fanghi attivi, monoblocco.

I reflui saranno convogliati all’impianto da un collettore fognario interrato su strada pubblica, con origine alla località Taverna (ove attualmente scarica la rete fognaria proveniente dalla località Forluso e dall’area PIP). Il recapito dello scarico, come detto in precedenza, è previsto in corpo idrico superficiale nel vallone denominato “Taverna”.

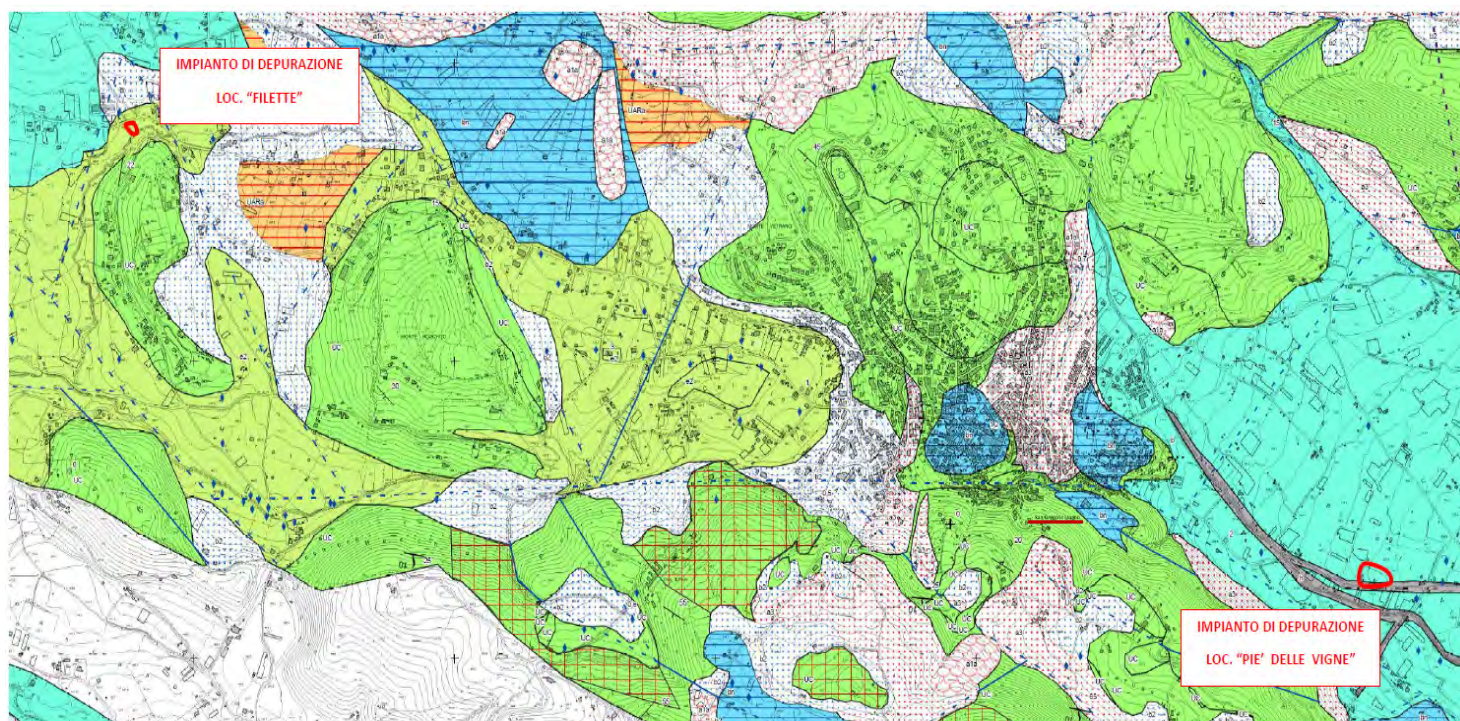
Nel caso specifico di progetto, il corpo idrico ricettore è classificabile come “ad acqua corrente”. Trattasi, infatti di un vallone in cui confluiscono i canali di scolo dei terreni agricoli e le acque di pioggia del bacino imbrifero sotteso.

La caratteristica del corpo idrico ricettore di essere ad acqua fluente e la sua conformazione, risulta compatibile con lo scarico del depuratore, a condizione che esso avvenga nel rispetto dei limiti tabellari previsti dal D.Lgs 152/06. Il processo depurativo è stato progettato con l’obiettivo di ottenere un effluente idoneo ad essere scaricato in un corso d’acqua superficiale, rispettando i limiti previsti dal D.Lgs. 152/2006 per tali recapiti.

3. Modello geologico e geomorfologico di riferimento – definizione dell’ambito morfologico significativo

Le aree oggetto di questo studio, come già detto, rientrano completamente nel territorio comunale di San Gregorio Magno.

Nello specifico, ci troviamo in due aree separate, distanti alcuni chilometri tra loro, ma molto simili dal punto di vista geologico; infatti, risultano entrambe caratterizzate dalla presenza di diffusi depositi detritico-alluvionali Quaternari, imputabili all’erosione e disaggregazione, a vario modo, dei versanti carbonatici sovrastanti.



Inquadramento geologico delle aree di interesse

La morfologia dell’area è in stretta dipendenza della natura dei terreni e del loro assetto strutturale; i versanti in esame presentano delle forme blande tipiche dei versanti pedemontani

presenti in zona. A monte, le eminenze montuose più aspre e anche più elevate sono costituite da masse carbonatiche mesozoiche che danno luogo a pendii molto ripidi, in corrispondenza dei principali piani di faglia. Le aree di interesse situate in zone di fondovalle, risultano circondate da allineamenti di dorsali carbonatiche, fortemente influenzate dalle principali direttrici tettoniche presenti; questo nel tempo, a causa di forti fenomeni di disgregazione meteorica, ha prodotto un notevole accumulo, sui fianchi dei rilievi, di materiale detritico-colluviale.

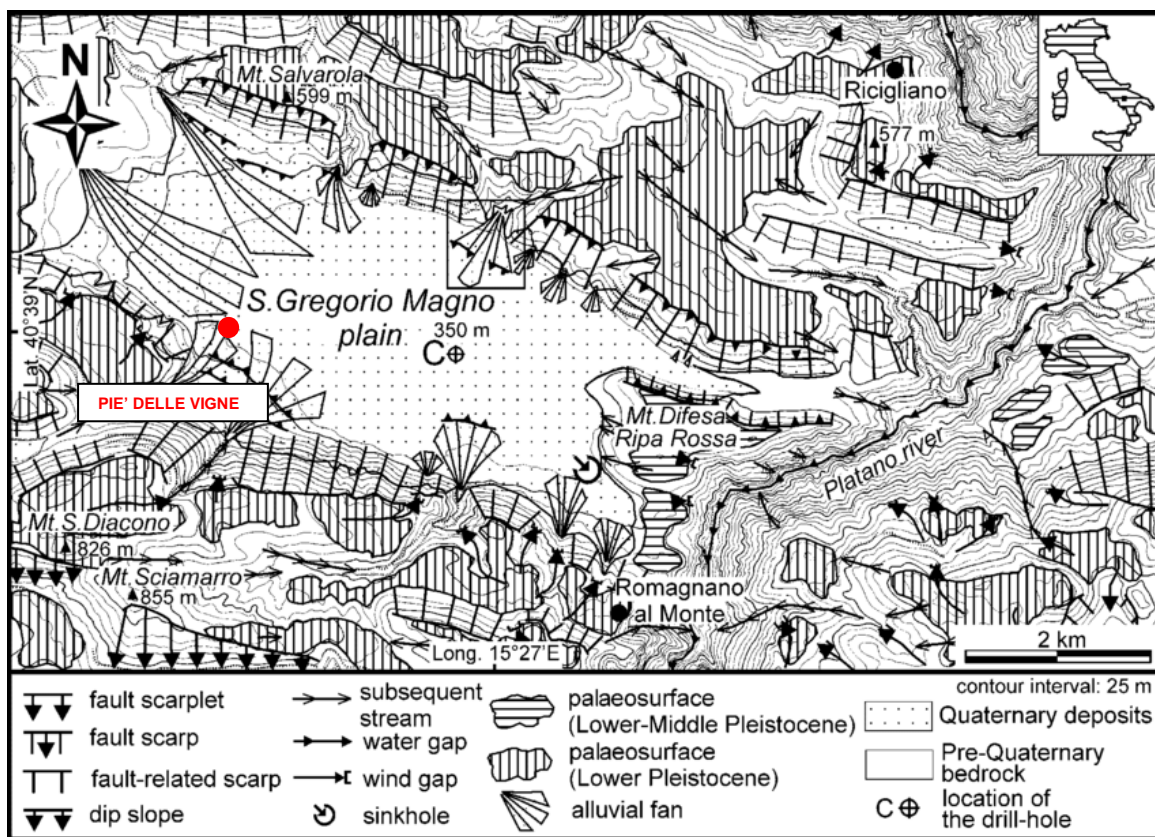
La - **Carta geolitologica** e la **Carta geomorfologica**, allegate al presente studio, evidenziano le litologie e i depositi morfologici che, nelle strette aree di interesse, vengono ricondotti principalmente in:

- Detrito di falda. Depositi clastici carbonatici eterometrici e in subordine calcareo - marnosi ed arenacei, a matrice argilloso - limosa (Pleistocene - Attuale).
- Coltre eluvio-colluviale. Coltri alteritiche e paleosuoli con fenomeni di pedogenesi ancora in atto; sabbie e limi argillosi bruno - rossastri ed argille (Pleistocene - Attuale).
- Deposito alluvionale. Ghiaie ad elementi eterometrici e sabbie medio - grossolane, variamente addensate e/o pedogeneizzate, Alluvioni incise o terrazzate, depositi di conoide torrentizia inattiva ed incisa (Pleistocene - Attuale).
- Sub-unità pelitico-arenacea. Argille ed argille siltose-arenacee, talvolta marnose di colore grigio, rosse, verdi e violacee localmente chiare o scure, con intercalazioni di calcari e calcari marnosi bianco-giallastri (Eocene - Miocene inf.).
- Unita' Calcareo. Calcari bianco-grigiastri, calcilutiti da ben stratificate a massive, calcareniti e calciruditi, localmente fratturati e carsificati (Giurassico - Miocene inf.).

A tale conformazione del paesaggio ed assetto del territorio hanno contribuito, in modo evidente, le ultime ed importanti fasi tettoniche Quaternarie, le cui conseguenze sono visibili osservando l'andamento dei versanti con pendenze molto irregolari. L'irregolarità dei versanti, ha fortemente inciso sulla morfologia dell'area, che a sua volta ha provocato un andamento fortemente irregolare dei piccoli corsi d'acqua. Questi, in buona parte del territorio di San Gregorio Magno, nascono a monte, al contatto tra i depositi carbonatici e i depositi terrigeni Terziari, per poi aprirsi a ventaglio verso valle in mille rivi. Il paesaggio "giovane", tipico di tutta la fascia pedemontana dei massicci carbonatici presenti, si ripercuote negativamente in corrispondenza dei suddetti corsi d'acqua. Infatti, quest'ultimi, non avendo raggiunto un equilibrio del profilo longitudinale dell'alveo, provocano, localmente, una notevole azione di "trascinamento" di tutti i terreni circostanti.

Lungo le sponde dei corsi d'acqua si osservano piccoli fenomeni erosivi che danno luogo a locali problemi gravitativi. L'erosione spondale, originata a causa del continuo divagare dell'alveo attivo verso le sponde, ha provocato notevoli problemi di scalzamento alla base. Il paesaggio circostante, come detto in precedenza, si presenta molto irregolare e sono localmente visibili le forme tipiche dei depositi di frana, quali rigonfiamenti e lobi. In questi versanti tipicamente limo-argillosi sono presenti tipologie gravitative diffuse quali il "soil creep", dove i terreni sono interessati da movimenti individuali dovuti alla sola forza di gravità, per cui avviene sempre, su tutti i pendii, anche con pochi gradi di inclinazione. E' caratterizzata da un movimento lento assolutamente impercettibile. In scala più grande sono presenti anche colamenti che avvengono lungo superfici non visibili che si attivano durante lo scorrimento stesso. Lontano dai corsi d'acqua, sono generalmente da ricondurre all'elevato contenuto d'acqua con superamento del limite di liquidità (WLL) dei terreni argillosi.

Localmente, in corrispondenza dei terreni del Flysch Terziario, che bordano le grandi masse mesozoiche, si hanno invece, rilievi collinari molto meno elevati, con morfologia molto spesso dolce, pendii per lo più poco acclivi, specie laddove, nei terreni anzidetti predominano i costituenti argillosi o marnosi.

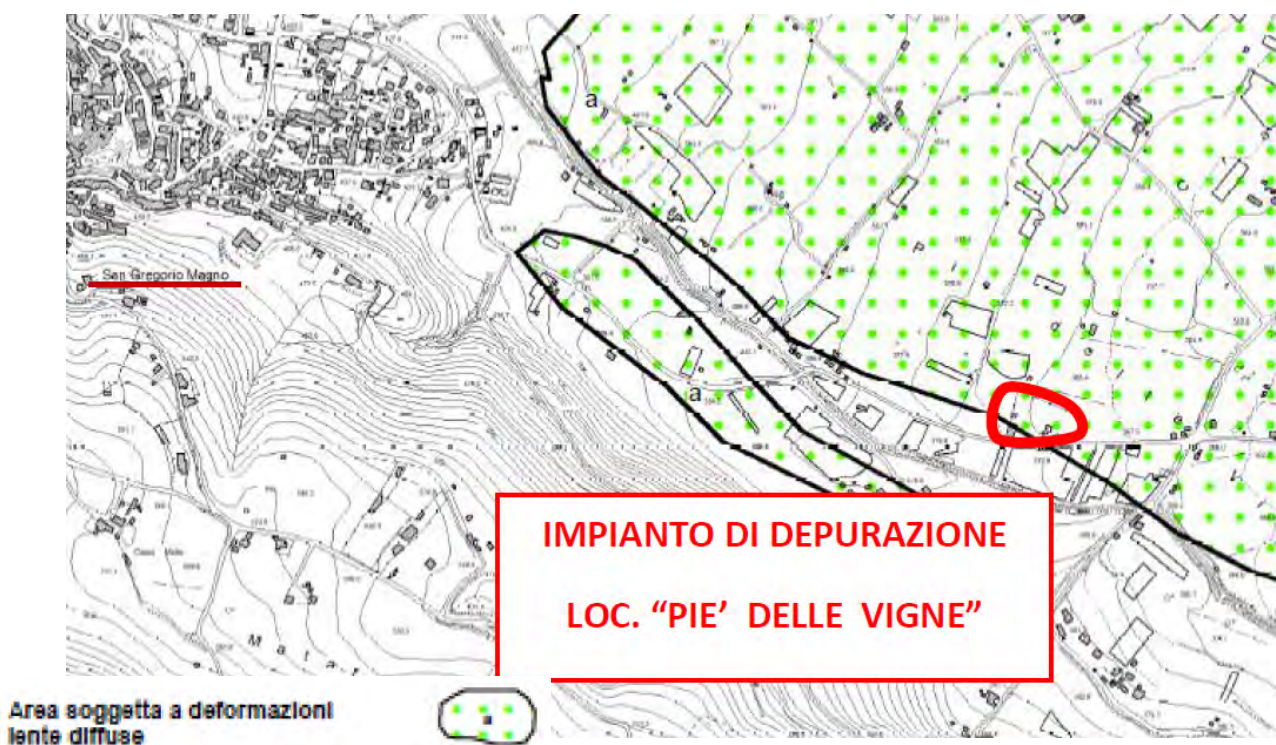


Assetto morfo-strutturale dell'area a sud-est di San Gregorio Magno

Come confermato da molti Autori è presumibile che il complesso Terziario si sia depositato tra la fine dell'Eocene e l'inizio del Miocene in un bacino sedimentario interno rispetto ai calcari di piattaforma, per poi sovrascorrere sui calcari subendo una traslazione verso est. Le argille Varicolori affiorano attualmente alla base dei versanti interessati da importanti scarpate di faglia e comunque nelle zone depresse rispetto agli alti morfologici carbonatici. Ai sedimenti e rocce precedentemente descritti, costituenti il substrato più antico dell'area, seguono, verso l'alto, i terreni di copertura anch'essi ampiamente rappresentati in tutta la zona.

Al Pleistocene – Olocene sono ascrivibili soprattutto i detriti di falda in parte cementati e le conoidi alluvionali. Tali detriti e depositi a carattere fluviale-lacustre bordano, con continuità, molti dei versanti carbonatici dei massicci presenti, costituendo le aree di raccordo tra i predetti gruppi montuosi e le zone di fondo valle. Molto diffusi sono anche i detriti di falda sciolti, più o meno alterati e pedogeneizzati. Trattasi di materiali sciolti o pseudocoerenti che ricoprono con continuità buona parte dei versanti carbonatici.

Il problema che va evidenziato, dal punto di vista gravitativo per l'area Piè delle Vigne, è la presenza, anche se a carattere marginale, interessando principalmente i terreni posti più a ovest, di fenomeni di deformazioni lente. Ci troviamo nella parte iniziale del poligono deformazioni lente riportato nella specifica cartografia “inventario dei fenomeni franosi – località Piè delle Vigne”, in cui abbiamo limitatissimi spessori interessati ed una morfologia quasi del tutto piatta, tanto da omettere la verifica di stabilità del versante.



Dal punto di vista idrogeologico, i litotipi presenti nell'area in oggetto posso essere considerati come "complessi eterogenei". La variabilità litologica e stratigrafica si ripercuote essenzialmente con una non omogenea circolazione idrica in funzione della permeabilità per porosità. Il tutto è complicato dal fatto che i terreni presenti ricevono un grande rifornimento di acqua da monte dove sono presenti terreni a granulometria grossolana molto permeabili con giacitura variabile. Tutto questo favorisce l'azione erosiva dei terreni di copertura e la costituzione di una falda superficiale irregolare, più accentuata nel periodo invernale.

Nell'area non sono presenti importanti punti sorgivi; questi sono poste ai margini degli affioramenti calcarei, alla base di falde detritiche pedemontane e al contatto con le formazioni mioceniche. Questi non presentano portata regolare nel tempo e tale irregolarità va imputata alla conformazione della struttura carbonatica più importante presente nell'area. Le opere di regimentazione realizzate nei suoli privati e lungo le arterie quasi sempre non trovano riscontro nelle rete idrografica principale e spesso sono vanificate dalla mancanza di una seria sistemazione idraulica del reticolo idrografico dove l'azione erosiva in alveo e lungo le sponde accentuano i fenomeni gravitativi suddetti e la loro evoluzione laterale e verso monte, soprattutto in concomitanza di importanti eventi piovosi.

4. Modellazione sismica del sito

Nel presente paragrafo è condotta la modellazione sismica delle aree di intervento, relative al progetto in argomento.

Per quanto riguarda gli aspetti tecnici questo studio geologico-tecnico è stato redatto secondo le disposizioni della L.R. 9/83 "*Norme per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di difesa del territorio dal rischio sismico*", nonché in accordo con quanto previsto dalle più recenti normative in materia di rischio sismico (D.G.R. 5447/02 "*Aggiornamento della classificazione sismica dei comuni della Regione Campania*", O.P.C.M. n. 3274/03 "*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*"; **D.M. 17.01.2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni"**) e con le disposizioni del D.M. 11.03.88 e relativa Circolare Applicativa. I contenuti della presente relazione sulla modellazione sismica del sito di costruzione sono i seguenti:

- indicazione della zona sismogenetica;

- indicazione della classificazione sismica regionale;
- indicazione della sismicità storica dell'area di studio;
- valutazione dell'azione sismica e relativi parametri;
- determinazione della categoria di sottosuolo, indicazione degli effetti di sito (risposta sismica locale) e dei relativi coefficienti di amplificazione sismica.

L'obiettivo finale che si vuole raggiungere con il presente studio è quello di valutare la Risposta Sismica di Sito che ha avuto lo scopo di definire, in tutti i suoi dettagli, le caratteristiche del sito di fondazione e del sottosuolo significativamente interessato dalle opere di progetto definendo, come previsto nella nuova normativa per le costruzioni in zona sismica, la Categoria di sottosuolo e le condizioni topografiche.

Il Rischio per una struttura sottoposta ad uno stress sismico dipende, infatti, non solo dalla vulnerabilità propria della struttura edilizia, ma anche, e forse principalmente, dall'intensità delle componenti a varie frequenze contenute nel segnale sismico ed in particolare quello relativo alle onde *S*, che, emergendo in genere verticalmente, producono sollecitazioni orizzontali alle costruzioni. **Per perseguire tali obiettivi, nelle aree di interesse sono stati eseguiti n. 2 profili MASW, per la determinazione dei parametri sismici.**

L'insieme dei dati acquisiti, a parere dello scrivente, risulta sufficiente a riconoscere e descrivere i parametri necessari ad inquadrare la tematica trattata e consente di giungere responsabilmente al parere di competenza.

Indicazione della zona sismogenetica

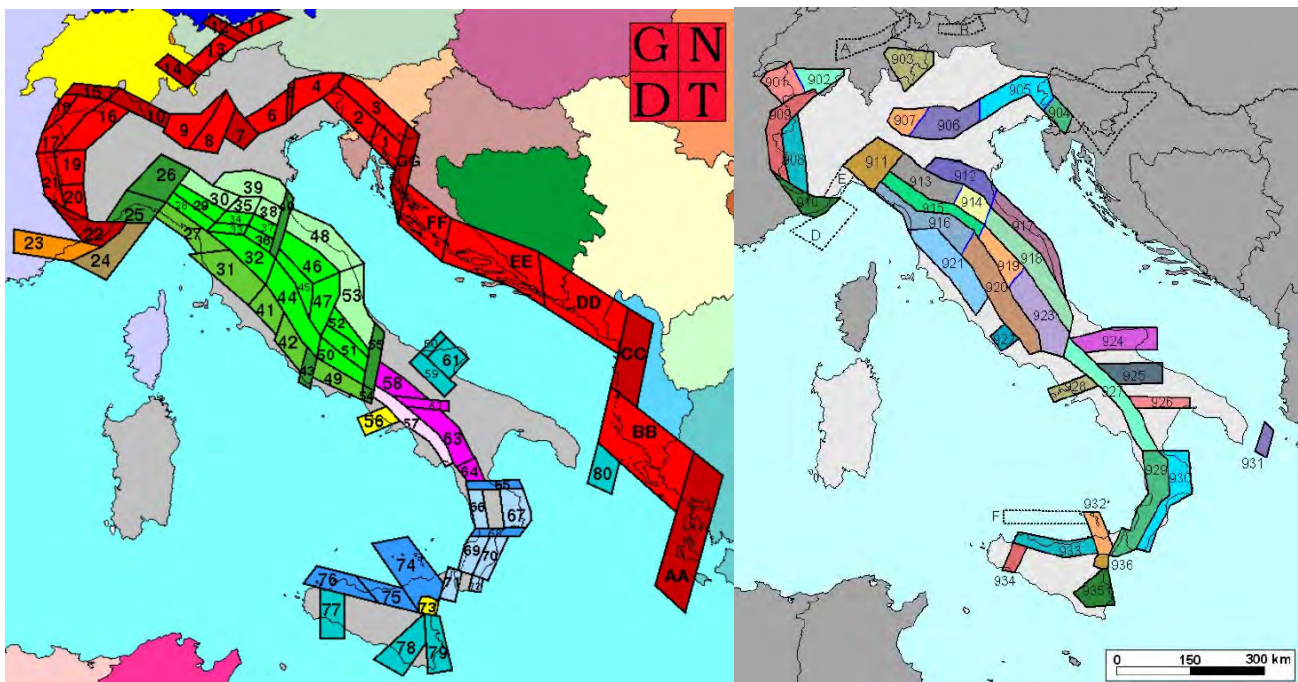
La Zonazione sismogenetica per il territorio nazionale, denominata ZS9, è stata eseguita dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia - Gruppo di Lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica (Meletti e G. Valensise - marzo 2004) che rappresenta il risultato di modifiche, accorpamenti ed elisioni delle numerose zone della precedente Zonazione sismogenetica ZS4 (Scandone e Stucchi, 2000) e dell'introduzione di nuove zone.

L'obiettivo di questa ricerca è stato la realizzazione di un modello più coerente con i nuovi dati e con il quadro sismotettonico oggi disponibile, tenendo in considerazione soprattutto le indicazioni e gli spunti che derivano dall'analisi dei dati relativi ai terremoti più importanti verificatisi successivamente alla predisposizione di ZS4, alcuni dei quali (tra gli altri Bormio 2000, Monferrato

2001, Merano 2001, Palermo 2002, Molise 2002) localizzati al di fuori delle zone-sorgente in essa definite.

La Zonazione sismogenetica ZS9 è costituita da 36 zone-sorgente identificate con un numero (da 901 a 936) o con una lettera (da A a F).

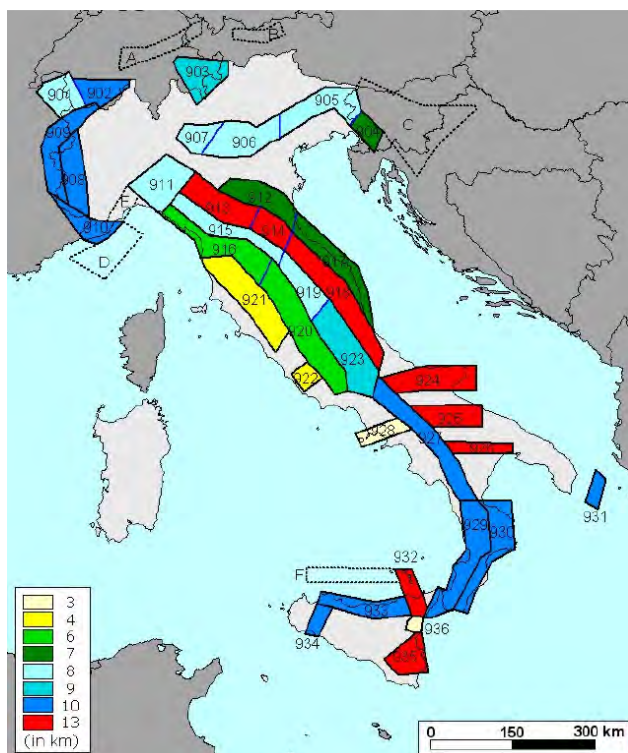
L'area di studio è prossima alla zona 927 (Appennino meridionale - ZS dalla 924 alla 928). La geometria delle zone-sorgente dell'Appennino meridionale (zone da 56 a 64 in ZS4; zone da 924 a 928 in ZS9), inteso come il settore appenninico tra la Majella e il Pollino, è stata sensibilmente modificata nella sua configurazione generale rispetto a ZS4.



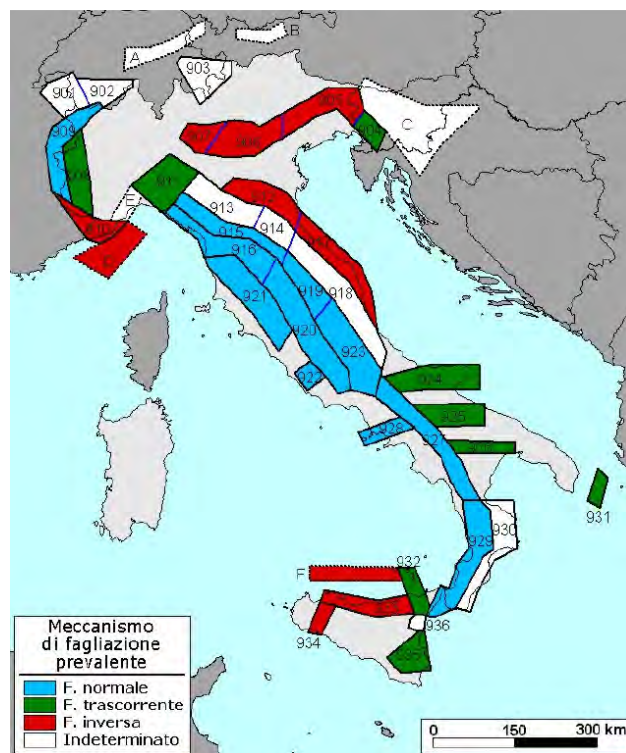
Zonazione sismogenetica

La zona 927 include l'area caratterizzata dal massimo rilascio di energia legata alla distensione generalizzata che, a partire da ca. 0.7 Ma, ha interessato l'Appennino meridionale (es. Patacca et al., 1990). Tale zona comprende tutte le precedenti zone di ZS4 coincidenti con il settore assiale della catena, fino al confine calabro-lucano (massiccio del Pollino). La zona 57 di ZS4, corrispondente alla fascia costiera tirrenica, è stata in gran parte cancellata.

Infatti si ritiene che, in caso di zonazione della fascia tirrenica, la sismicità non sarebbe tale da consentire una definizione affidabile dei tassi di sismicità. Peraltro, il contributo che verrebbe alla PGA sarebbe del tutto trascurabile rispetto agli effetti che su questa stessa zona verrebbero dall'attivazione di sorgenti nella zona 927.



Moda delle distribuzioni di frequenza in funzione della profondità dei terremoti riportati nel catalogo strumentale INGV (1983-2002) per tutte le ZS di ZS9



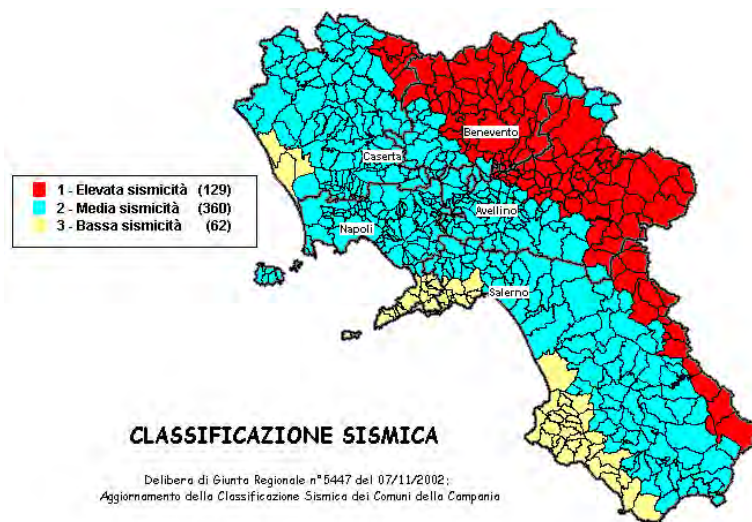
Meccanismo di fagliazione prevalente atteso per le diverse zone sismogenetiche che compongono ZS9.

Come in ZS4, anche in ZS9 la zonazione dell'Appennino meridionale risulta condizionata dalla presenza del dominio estensionale intrappenninico. La *profondità efficace*, vale a dire quella profondità alla quale avviene il maggior numero di terremoti che determina la pericolosità della zona, utilizzabile in combinazione con le relazioni di attenuazione determinate su base regionale, per la zona 927 è di 10 Km.

Il meccanismo di fagliazione prevalente per la zona 927, dove per meccanismo prevalente si intende quello che ha la massima probabilità di caratterizzare i futuri terremoti significativi, è di tipo diretto.

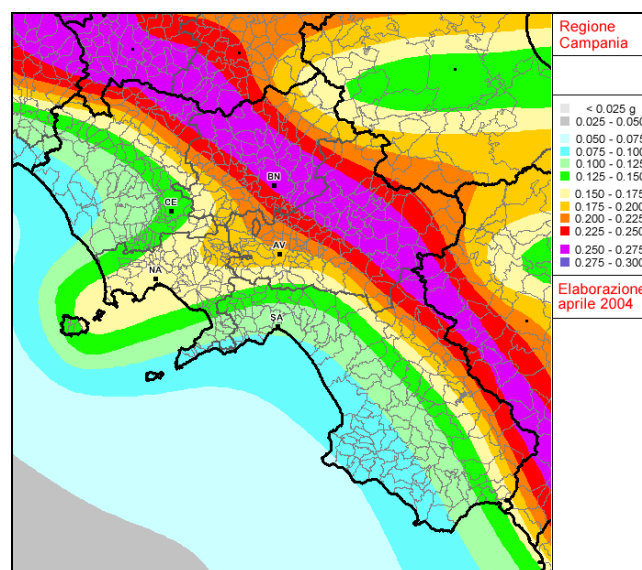
Classificazione sismica regionale

Il territorio comunale di San Gregorio Magno, con delibera n°5447 del 7 novembre 2002 della Giunta Regionale della Campania, che ha approvato l'aggiornamento della classificazione sismica del territorio regionale, è stato classificato ad **alta sismicità** (I categoria) corrispondente ad un grado di sismicità $S=12$ e $ag=0.35$ g.



Classificazione sismica del 2002 dei comuni della Regione Campania

Inoltre, la mappa del territorio nazionale per la pericolosità sismica, disponibile on-line sul sito dell'INGV di Milano, redatta secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008), indica che il territorio comunale di San Gregorio Magno rientra nelle celle contraddistinte da valori di a_g di riferimento compresi tra **0.225 e 0.275** (punti della griglia riferiti a: parametro dello scuotimento a_g ; probabilità in 50 anni 10%; percentile 50).



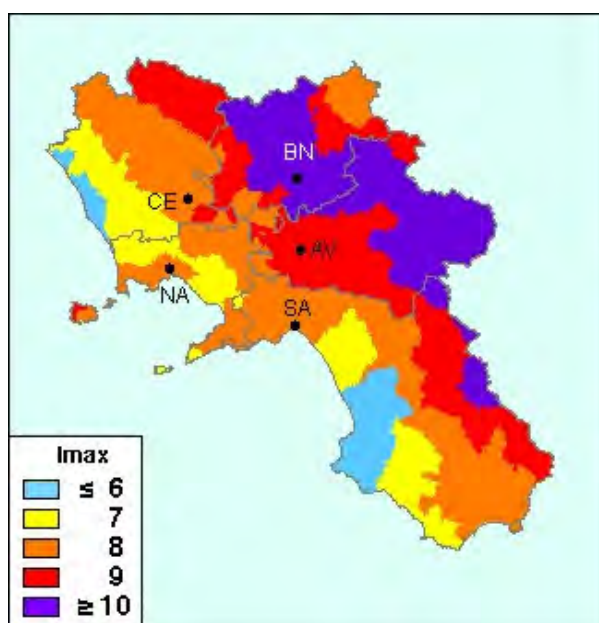
Mappa del territorio nazionale per la pericolosità sismica

Sismicità storica dell'area di studio

La provincia di Salerno risente della sismicità storica originatasi all'interno delle zone sismogenetiche presenti nella catena appenninica, disposte lungo una fascia orientata NW-SE, comprendente parte delle regioni Molise, Campania e Basilicata. Questa fascia è definita dalla distribuzione degli epicentri dei terremoti sia storici che recenti. Gli addensamenti degli epicentri,

le modalità di rilascio energetico in correlazione con l'assetto geologico-strutturale, permettono di individuare aree sismogenetiche a diverso comportamento sismico.

Per tale motivo sono state identificate quattro aree sismogenetiche principali in cui vengono successivamente riconosciute le strutture sismogenetiche attive (Alessio et al., 1993). L'analisi della distribuzione degli effetti prodotti dai terremoti con intensità maggiore dell'VIII grado *MCS* (Mercalli–Cancani–Sieberg), a partire dal XV secolo fino al terremoto del 1980 (terremoto dicembre 1456; 5 giugno 1688; 8 settembre 1694; 26 luglio 1805; 23 luglio 1930; 21 agosto 1962; 23 novembre 1980), ha evidenziato che gran parte della provincia di Salerno ha subito un danneggiamento valutabile tra il VII e il X grado della scala MCS, mentre nel Cilento l'intensità non ha superato il VI grado MCS (Esposito et al., 1992).



Massime intensità macrosismiche in Campania

Una stima della pericolosità sismica nella provincia di Salerno per effetto di sorgenti appenniniche può essere effettuata riferendosi al catalogo degli eventi sismici e considerando la legge di attenuazione degli effetti (Grandori et al., 1987) particolarizzata per l'Italia Centro-Meridionale. Analogamente è possibile procedere per quanto riguarda l'accelerazione orizzontale riferendosi alla legge di attenuazione (Sabetta & Pugliese, 1987). In ordine all'intensità sismica, si osserva che le zone della provincia di Salerno risentono fortemente degli effetti dei terremoti con epicentro nell'Irpinia e nella Lucania.

Appare, pertanto, che l' VIII grado MCS può essere considerato come il massimo grado di danneggiamento per il Comune di San Gregorio Magno.

Programma ed esecuzione delle indagini sismiche

Dal punto di vista strettamente operativo questo studio nell'assegnare un peso alla componente geologica e geotecnica nella valutazione della fattibilità di opere ed interventi sul territorio trae i suoi fondamenti dalla **L.R. 7 Gennaio 1983, n. 9 “Norme per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di difesa del territorio dal rischio sismico”**. Essa rappresenta un importante strumento concepito per fornire informazioni sulle limitazioni d'uso del territorio derivanti dalle sue caratteristiche geologico-tecniche, morfologiche e dalla valutazione degli effetti delle sollecitazioni sismiche. *“Prima della formazione, revisione ed adeguamento degli strumenti urbanistici generali o loro varianti, ogni Comune della regione dichiarato sismico o ammesso a consolidamento, è tenuto a predisporre indagini geologiche-geognostiche, ai fini della prevenzione del rischio”*.

Come già detto, con **Delibera di Giunta Regionale n. 5447 del 7 Novembre 2002 “Aggiornamento della classificazione sismica dei comuni della regione Campania”** (B.U.R.C. n. 56 del 18.11.2002) il comune di San Gregorio Magno, ai sensi e per gli effetti della legge 64/74, è stato inserito nella Categoria Sismica 1, a cui corrisponde un grado di sismicità S pari a 12. I Comuni classificati sismici dalla Giunta Regionale sono obbligati ad osservare oltre le disposizioni di cui alla Legge 2 Febbraio 1974 n. 64 e successive modificazioni ed integrazioni, le norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche.

Il **D.M. 17 gennaio 2018 “Norme Tecniche per le Costruzioni”**, raccoglie in un unico organico testo le Norme tecniche per le costruzioni prima distribuite in diversi decreti ministeriali. Esse forniscono i criteri generali di sicurezza, precisano le azioni che devono essere utilizzate nel progetto, definiscono le caratteristiche dei materiali e dei prodotti e, più in generale, trattano gli aspetti attinenti alla sicurezza strutturale delle opere.

Per la realizzazione delle prove sismiche particolare attenzione è stata posta per le opere a farsi. Nello specifico sono stati realizzati n° 2 prospezioni sismiche M.A.S.W., una in località Piè Delle Vigne, la seconda in corrispondenza della zona di intervento in località Filette (si rimanda all'allegato cartografico dedicato).

Le indagini eseguite, unitamente all'analisi dei dati bibliografici esistenti per le zone esaminate, hanno fornito le informazioni necessarie per la determinazione del quadro sismico dell'area dei diversi terreni investigati.

Il rilievo condotto sul terreno è stato disposto in maniera tale da coprire sia l'area interessata dall'intervento che l'area limitrofa, compatibilmente con gli spazi a disposizione per la effettuazione del rilievo.

Lo scopo dell'indagine è stato quello di definire profondità e geometrie del rifrattore/i (risposta sismica) e valutare la risposta sismoelastica delle differenti tipologie di terreno, onde caratterizzare l'area di interesse ai sensi della recente normativa sismica.

5. Indagini eseguite

5.1. Prove in sito

Al fine di caratterizzare i parametri fisico-meccanici dei terreni di interesse si è scelto di eseguire una campagna di prove in sito consistita in:

- Realizzazione di n° 1 sondaggio meccanico a carotaggio continuo;
- Realizzazione di n° 2 stendimenti sismici di tipo MASW;

oltre a:

- Prove di laboratorio su n° 2 campioni indisturbati prelevati;

5.1.1. Sondaggio meccanico

Il sondaggio geognostico è stato eseguito tramite impiego di una sonda idraulica, con tecnica a rotazione a carotaggio continuo e rivestimento delle pareti del foro. Le operazioni di carotaggio sono state eseguite con utilizzo di acqua e recupero integrale del terreno attraversato.

E' stato utilizzato un carotiere semplice con diametro di 101 mm;

per il rivestimento del foro sono stati utilizzati tubi con diametro di 127 mm.

Per l'esecuzione dei sondaggi è stata utilizzata una sonda idraulica cingolata con una capacità di coppia di 980 Kg, mentre l'attrezzatura di perforazione aveva le seguenti caratteristiche ed i seguenti diametri:

- Aste di manovra cave dal diametro Ø (mm) 76
- Aste di manovra lunghezza (m) 3.0
- Carotiere da Ø (mm) 101
- Carotiere doppio da Ø (mm) 101
- Carotiere lunghezza (m) 3.0
- Corona con denti in Widia da Ø (mm) 101
- Corona diamantata da Ø (mm) 101
- Tubi di rivestimento Ø (mm) 140

Il materiale prelevato è stato alloggiato in apposite in n° 6 cassette catalogatrici, successivamente conservate in luogo protetto in loco.

Il sondaggio S1, eseguito dalla ditta Trivellazioni Cupo in data 21-10-2019, ha raggiunto la profondità di 30 metri dal p.c.

Durante le operazioni di trivellazione sono stati estratti n° 2 campioni indisturbati in fustella; il primo alla profondità di 2,50-3,00 metri denominato S1C1, il secondo estratto alla profondità di 14,50-15,00 metri denominato S1C2.



Esecuzione sondaggio in località Piè Delle Vigne

La descrizione dettagliata della stratigrafia dei sondaggi viene riportata di seguito e negli allegati.

Entrambi i suddetti campioni indisturbati sono stati sottoposti alle seguenti prove dal laboratorio I.P.M. Istituto Tecnologico Sperimentale di Atena Lucana (SA):

- Caratteristiche fisiche
- Limiti di Atterberg
- Analisi granulometrica
- Prova edometrica
- Prova di taglio diretto TD;

L'ubicazione dei sondaggi è presente nell'apposita cartografia.

La successione litostratigrafica rilevata è quella tipica dei depositi fluvio-lacustri più o meno sciolti con elevato contenuto di materiale fine (limo ed argilla), poggiati su materiale più addensato costituito da argilla limoso.

5.1.2. Stendimenti sismici MASW

Per il presente lavoro è stato svolto un attento lavoro anche dal punto di vista sismico;, consistenti in due stese sismiche, successivamente denominate: MASW “Piè Delle Vigne” per una lunghezza di metri 46,00; MASW “Filette” per una lunghezza di metri 23,00.

Lo scopo dell’indagine è stato di definire le caratteristiche sismostratigrafiche dei litotipi e classificare sismicamente il suolo secondo la normativa vigente (D.M. 14 gennaio 2008).

Il fine delle indagini sismiche MASW effettuate è il seguente:

- ❖ definire le caratteristiche sismostratigrafiche dei litotipi dell’area;
- ❖ classificare sismicamente il suolo secondo la normativa vigente (D.M. 17.01.2018).

La determinazione della velocità delle onde di taglio V_s tramite le misure delle onde superficiali di Rayleigh risulta particolarmente indicata per suoli altamente attenuanti e ambienti rumorosi poiché la percentuale di energia convertita in onde di

Rayleigh è di gran lunga predominante (67%) rispetto a quella coinvolta nella generazione e propagazione delle onde P (7%) ed S (26%). Inoltre l’ampiezza delle onde superficiali dipende da \sqrt{r} e non da r come per le onde di volume.

I metodi basati sull’analisi delle onde superficiali di Rayleigh forniscono una buona risoluzione e non sono limitati, a differenza del metodo a rifrazione, dalla presenza di inversioni di velocità in profondità. Inoltre la propagazione delle onde di Rayleigh, anche se influenzata dalla V_p e dalla densità, è funzione innanzitutto della V_s , parametro di fondamentale importanza per la caratterizzazione sismica di un sito secondo quanto previsto dalle recenti normative antisismiche (O.P.C.M. 3274/03; O.P.C.M. 3431/05; D.M. 17.01.2018).

La proprietà fondamentale delle onde superficiali di Rayleigh, sulla quale si basa l’analisi per la determinazione delle V_s , è costituita dal fenomeno della dispersione che si manifesta in mezzi stratificati.

Pertanto, analizzando la curva di dispersione, ossia la variazione della velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della lunghezza d’onda (o della frequenza, che è inversamente proporzionale alla lunghezza d’onda), è possibile determinare la variazione della velocità delle onde di taglio con la profondità tramite processo di inversione.

La velocità delle onde di Rayleigh (V_R) è pari a circa il 90% delle onde di taglio (V_S). Le tecniche di analisi delle onde di Rayleigh vengono realizzate con procedure operative meno onerose della comune sismica a rifrazione e delle prove in foro e hanno un grado di incertezza nella determinazione delle $V_S < 15\%$.

La modellazione del sottosuolo mediante l'impiego di comuni geofoni verticali a 4.5Hz e l'analisi delle onde superficiali di Rayleigh viene ottenuta con le seguenti metodologie: ReMi (Refraction Microtremor), FTAN (Frequency Time Analysis), SASW (Spectral Analysis of Surface Waves), MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves).

La tecnica MASW, consente una dettagliata ricostruzione della distribuzione della velocità delle onde S nel sottosuolo. L'analisi multicanale delle onde superficiali di Rayleigh MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una efficiente ed accreditata metodologia sismica per la determinazione delle velocità delle onde di taglio V_S . Tale metodo utilizza le onde superficiali di Rayleigh registrate da una serie di geofoni lungo uno stendimento rettilineo e collegati ad un comune sismografo multicanale.

Le onde superficiali di Rayleigh, durante la loro propagazione vengono registrate lungo lo stendimento di geofoni e vengono successivamente analizzate attraverso complesse tecniche computazionali, simili alla tecnica SASW, basate su un approccio di riconoscimento di modelli multistrato di terreno. La metodologia per la realizzazione di un'indagine sismica MASW prevede 4 passi fondamentali:

- ripetute acquisizioni multicanale dei segnali sismici, generati da una sorgente energizzante artificiale (maglio battente su piastra in alluminio), lungo uno stendimento rettilineo di sorgente-geofoni che viene spostato lungo la linea dello stendimento stesso dopo ogni acquisizione;
- estrazione del modo fondamentale di oscillazione dalle curve di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh (una curva per ogni acquisizione);
- inversione delle curve di dispersione per ottenere profili verticali 1D delle V_S (un profilo verticale per ogni curva di dispersione, posizionato nel punto medio di ogni stendimento geofonico);
- ricostruzione di una sezione (modello 2D) delle V_S dei terreni con approccio multicanale (con almeno due acquisizioni dei segnali, ovvero uno spostamento lungo la linea dello stendimento).

Quando vengono generate onde sismiche usando una sorgente impattante come un martello su una piastra vengono generate sia onde di volume (P ed S), sia onde di superficie (Rayleigh e Love), che si propagano in tutte le direzioni. Alcune di queste onde vengono riflesse e disperse quando incontrano oggetti superficiali o poco profondi (ad esempio, fondazioni di edifici, canali sotterranei, trovanti lapidei, ecc.) e diventano rumore. Inoltre, vengono quasi sempre rilevate vibrazioni da rumore ambientale proveniente dal traffico veicolare, dall'attività industriale e, in generale,

dall'attività umana. Il vantaggio principale dell'approccio multicanale della tecnica MASW sta nella sua intrinseca capacità di distinguere tutte queste onde dovute al rumore e di isolarle dalle onde superficiali di Rayleigh evidenziando solo il modo fondamentale di oscillazione dei terreni. L'isolamento del modo fondamentale di oscillazione si basa su molteplici caratteristiche sismiche dei segnali.

Le proprietà della dispersione di tutti i tipi di onde (di volume e superficiali) sono visualizzate attraverso un metodo di trasformazione (basato sull'analisi spettrale dei segnali sismici) del campo d'onda che converte direttamente i segnali sismici acquisiti in un'immagine dove un modello di dispersione è riconosciuto nella distribuzione dell'energia trasformata in oscillazioni. Successivamente, il modo fondamentale (proprietà fondamentale della dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh) viene estratto da un modello specifico. Tutte le altre onde (riflesse, disperse, modi superiori delle onde superficiali, noise ambientale) vengono quindi rimosse durante il processo di elaborazione.

Al fine di caratterizzare sismicamente il suolo dell'area oggetto dell'indagine, sono state eseguite due prospezioni sismiche MASW, con le seguenti caratteristiche:

Prospezione sismica	Lunghezza complessiva dello stendimento [m]	Offset e spacing [m]
MASW "Piè delle Vigne"	46.00	2.00
MASW "Filette"	23.00	1.00

-Geometria degli stendimenti

Per i profili sismici è stata utilizzata un'interdistanza geofonica pari a 2,0 m. per MASW "Piè delle Vigne" e 1,0 m per MASW "Filette". Risulta quindi una lunghezza totale dello stendimento, rispettivamente pari a 46 m e 23 m.

- Hardware e Software

I sondaggi di sismica a rifrazione sul sito investigato sono stati elaborati ed interpretati utilizzando il sismografo M.A.E. X610-S ed il software EASY REFRACT della GEOSTRU.



Sismografo M.A.E. X610-S

La prima fase dell'elaborazione consiste nella determinazione dei “Primi Arrivi” adottando diverse metodologie, dalla cross-correlation alla wavelet-analysis, reiterando il procedimento per raffinare i risultati ottenuti con continui controlli della compatibilità tra i tempi identificati e quelli derivati dall'interpolazione dei geofoni adiacenti. La seconda fase consiste nel calcolo delle dromocrone ovvero delle rette che presentano il miglior coefficiente di correlazione con i tempi dei Primi Arrivi precedentemente determinati.

- Interpretazione dati e categoria di suolo

Come previsto dal D.M. del 17 gennaio 2018 bisogna attribuire al sottosuolo investigato la giusta categoria di suolo (Tabella 1), la quale si basa sulla velocità media di propagazione entro 30m di profondità delle onde di taglio V_s .

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

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

dove h_i e v_i indicano lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio dello strato i -esimo per un totale di N strati presenti in H metri superiori, ed H indica la profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non

inferiore a 800 m/s. Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal para-metro $V_{s,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Quindi il calcolo degli spessori relativi agli strati h e delle velocità relative alle onde di taglio V_s ha permesso la valutazione della velocità delle onde di taglio nei primi 30,00 metri del sottosuolo; pertanto lo stendimento eseguito presso “Piè Delle Vigne” risulta categoria di suolo “C”.

Lo stendimento eseguito presso “Filette” risulta categoria di suolo “B”.

CLASSE	DESCRIZIONE
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 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.

Categorie dei Suoli di fondazione (D.M. 17 gennaio 2018).

I risultati forniti dall’indagine sismica MASW effettuata permettono di definire le categorie di suolo dei siti (vedi tabella sopra), con i relativi valori di $V_{s,eq}$:

Prospezione sismica	$V_{s,eq}$ ($H=30,00$ m) (m/s)	Categoria di suolo (D.M. del 17/01/2018)
MASW “Piè Delle Vigne”	293.52	C

Prospezione sismica	$V_{s,eq}$ ($H=13,64$ m) (m/s)	Categoria di suolo (D.M. del 17/01/2018)
MASW “Filette”	506.42	B

6. Pericolosità sismica

Per valutare se un'opera strutturale è sicura bisogna far riferimento a degli *stati limite*, che possono verificarsi durante un determinato *periodo di riferimento* della stessa opera. Quindi per poter stimare l'azione sismica che dovrà essere utilizzata nelle verifiche agli stati limite o nella progettazione, bisognerà stabilire:

- in primo luogo la *vita nominale* dell'opera, che congiuntamente alla *classe d'uso*, permette di determinare il *periodo di riferimento*;
- una volta definito il periodo di riferimento e i diversi stati limite da considerare, dopo aver definito le relative *probabilità di superamento* è possibile stabilire il *periodo di ritorno* associato a ciascun stato limite;
- a questo punto è possibile definire la ***pericolosità sismica di base*** per il sito interessato alla realizzazione dell'opera, facendo riferimento agli studi condotti sul territorio nazionale dal Gruppo di Lavoro 2004 nell'ambito della convenzione-progetto S1 DPC-INGV 2004-2006 e i cui risultati sono stati promulgati mediante l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri (OPCM) 3519/2006.

Nel **DM 17 gennaio 2018**-Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» il periodo di riferimento, che non può essere inferiore a 35 anni, è dato dalla seguente relazione:

$$V_R = V_N \times C_U \quad (2.1)$$

dove:

V_R = periodo di riferimento

V_N = vita nominale

C_U = coefficiente d'uso

La vita nominale di un'opera strutturale V_N , secondo le NTC 2018, è definita come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata e viene definita attraverso tre diversi valori, a seconda dell'importanza dell'opera e perciò delle esigenze di durabilità.

I valori minimi di V_N da adottare per i diversi tipi di costruzione sono riportati nella tabella successiva. Tali valori possono essere anche impiegati per definire le azioni dipendenti dal tempo.

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Nel caso specifico $V_N = 50$ anni.

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso. Le NTC 2018 prevedono quattro classi d'uso a ciascuna delle quali è associato un valore del coefficiente d'uso:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli. $C_U = 0.7$;

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso *III* o in Classe d'uso *IV*, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti. $C_U = 1.0$;

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso *IV*. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso. $C_U = 1.5$;

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica. $C_U = 2.0$;

Nel caso in esame viene presa in considerazione la **classe d'uso IV** a cui è associato il coefficiente d'uso $C_U = 2,0$.

Ricavati i valori di V_N e C_U , è possibile calcolare il periodo di riferimento V_R , che qui vale:

$$V_R = 50 * 2,0 = 100 \text{ anni.}$$

Le NTC 2018 prendono in considerazione 4 possibili *stati limite* (SL) individuati facendo riferimento alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti: due sono *stati limite di esercizio* (SLE) e due sono *stati limite ultimi* (SLU). Uno stato limite è una condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze per la quale è stata progettata.

Più in particolare le opere e le varie tipologie strutturali devono essere dotate di capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio (sicurezza nei confronti di SLE) e di capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e di dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone o comportare la perdita di beni, oppure provocare gravi danni ambientali e sociali, oppure mettere fuori servizio l'opera (sicurezza nei confronti di SLU).

Gli stati limite di esercizio sono:

- **Stato Limite di Operatività** (SLO): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- **Stato Limite di Danno** (SLD): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi sono:

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita** (SLV): a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- **Stato Limite di prevenzione del Collasso** (SLC): a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Ad ogni stato limite è associata una *probabilità di superamento* P_{VR} (Tabella 3.1), ovvero la probabilità che, nel periodo di riferimento V_R , si verifichi almeno un evento sismico ($n \geq 1$) di **ag**

prefissata (a_g = accelerazione orizzontale massima del suolo) avente frequenza media annua di ricorrenza $\lambda = 1/T_R$ (T_R = periodo di ritorno).

Stato limite di esercizio: operatività	SLO	$P_{VR} = 81\%$
Stato limite di esercizio: danno	SLD	$P_{VR} = 63\%$
Stati limite ultimo: salvaguardia della vita	SLV	$P_{VR} = 10\%$
Stati limite ultimo: di prevenzione del collasso	SLC	$P_{VR} = 5\%$

Fissati V_R e P_{VR} associata ad ogni stato limite, è possibile calcolare il periodo di ritorno dell'azione sismica T_R , espresso in anni, mediante l'espressione:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1-P_{VR})} \quad (3.1)$$

Tale relazione tra P_{VR} (probabilità) e T_R (statistica) risulta biunivoca poiché utilizza la distribuzione discreta Poissoniana.

Poiché è **$V_R = 100$ anni**, il tempo di ritorno T_R sarà:

Stato limite di esercizio: operatività	SLO	$T_R = 60$
Stato limite di esercizio: danno	SLD	$T_R = 101$
Stati limite ultimo: salvaguardia della vita	SLV	$T_R = 949$
Stati limite ultimo: di prevenzione del collasso	SLC	$T_R = 1950$

La pericolosità sismica di base, cioè le caratteristiche del moto sismico atteso al sito di interesse, nelle NTC 2018, per una determinata probabilità di superamento, si può ritenere definita quando vengono designati un'accelerazione orizzontale massima (a_g) ed il corrispondente spettro di risposta elastico in accelerazione, riferiti ad un suolo rigido e ad una superficie topografica orizzontale.

Per poter definire la pericolosità sismica di base le NTC 2018 si rifanno ad una procedura basata sui risultati disponibili anche sul sito web dell'INGV <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>, nella sezione "Mappe interattive della pericolosità sismica".

Secondo le NTC 2018 le forme spettrali sono definite per 9 differenti periodi di ritorno T_R (30, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975 e 2475 anni) a partire dai valori dei seguenti parametri riferiti a terreno rigido orizzontale, cioè valutati in condizioni ideali di sito, definiti nell'**Allegato A** alle NTC08:

a_g = accelerazione orizzontale massima;

F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T_C^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

I tre parametri si ricavano per il 50° percentile ed attribuendo a:

a_g , il valore previsto dalla pericolosità sismica S1

F_0 e T_C^* i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento previste dalle NTC08 scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla pericolosità sismica S1 (il minimo è ottenuto ai minimi quadrati, su valori normalizzati).

I valori di questi parametri vengono forniti in tabella (Tabella 4.1), contenuta nell'**Allegato B** delle NTC08 (a cui le NTC 2018 fanno riferimento), per i 10751 punti di un reticolo di riferimento in cui è suddiviso il territorio nazionale, identificati dalle coordinate geografiche longitudine e latitudine.

Qualora la pericolosità sismica del sito sul reticolo di riferimento non consideri il periodo di ritorno T_R corrispondente alla V_R e P_{VR} fissate, il valore del generico parametro p ad esso corrispondente potrà essere ricavato per interpolazione, a partire dai dati relativi ai tempi di ritorno previsti nella pericolosità di base, utilizzando la seguente espressione dell'Allegato A alle NTC08:

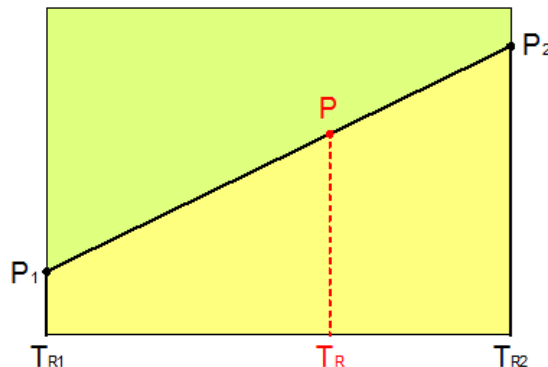
$$\log(p) = \log(p_1) + \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \times \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \times \left[\log\left(\frac{T_{R2}}{T_{R1}}\right) \right]^{-1} \quad (4.1)$$

nella quale p è il valore del parametro di interesse (a_g , F_0 , T_C^*) corrispondente al periodo di ritorno T_R desiderato, mentre p_1 , p_2 è il valore di tale parametro corrispondente al periodo di ritorno T_{R1} , T_{R2} .

Per un qualunque punto del territorio non ricadente nei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei parametri p possono essere calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame, utilizzando l'espressione dell'Allegato A alle NTC08:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 p_i d_i}{\sum_{i=1}^4 d_i} \quad (4.2)$$

nella quale p è il valore del parametro di interesse (a_g , F_0 , T_C^*) corrispondente al punto considerato, p_i è il valore di tale parametro nell' i -esimo vertice della maglia elementare contenente il punto in esame e d_i è la distanza del punto in esame dall' i -esimo vertice della suddetta maglia.



Interpolazione dei periodi di ritorno, per ottenere i parametri di pericolosità sismica, in accordo alla procedura delle NTC08.

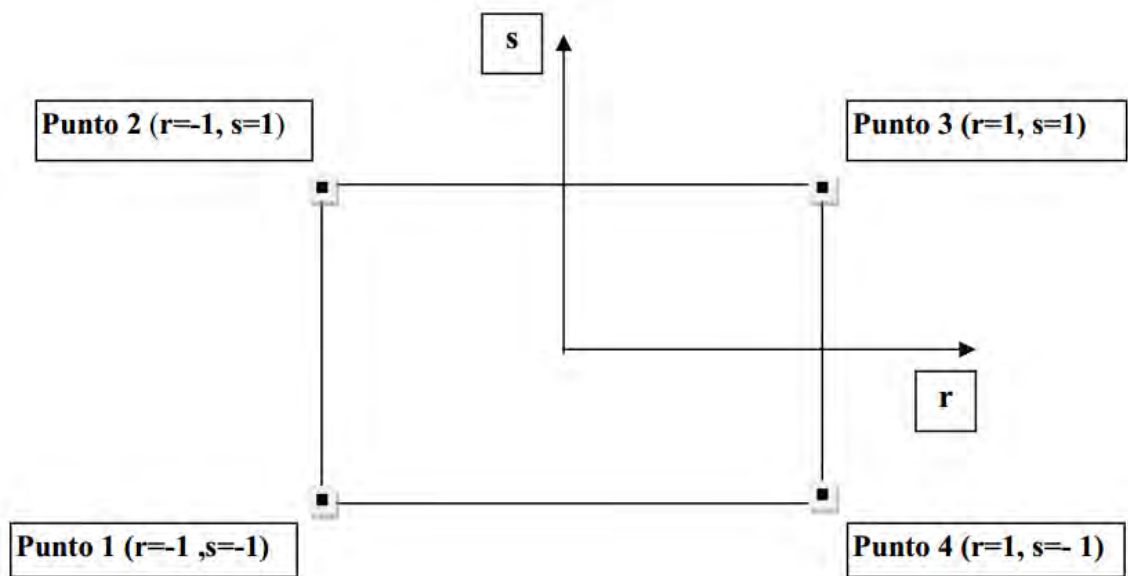
Per poter procedere all'interpolazione delle coordinate geografiche, in accordo alla procedura delle NTC08, bisogna calcolare le distanze che intercorrono tra i 4 punti del reticolo e il punto di interesse. Questo calcolo può essere eseguito approssimativamente utilizzando le formule della trigonometria sferica, che danno la distanza geodetica tra due punti, di cui siano note le coordinate geografiche. Utilizzando quindi il teorema di Eulero, la distanza d tra due punti, di cui siano note latitudine e longitudine, espresse però in radianti, si ottiene dall'espressione seguente:

$$d = R \times \arccos[\sin(\text{lat}\beta) \times \sin(\text{lat}\alpha) + \cos(\text{lat}\beta) \times \cos(\text{lat}\alpha) \times \cos(\text{lon}\alpha - \text{lon}\beta)] \quad (4.3)$$

dove $R = 6371$ è il raggio medio terrestre in km, mentre $\text{lat}\alpha$, $\text{lon}\alpha$, $\text{lat}\beta$ e $\text{lon}\beta$ sono la latitudine e la longitudine, espresse in radianti, di due punti A e B di cui si vuole calcolare la distanza.

La formula di interpolazione sopra proposta, semplice da usare, presenta però l'inconveniente di condurre a valori di pericolosità lievemente diversi per punti affacciati ma appartenenti a maglie contigue. La modestia delle differenze (scostamenti in termini di PGA dell'ordine di $\pm 0,01g$ ossia della precisione dei dati) a fronte della semplicità d'uso, rende tale stato di cose assolutamente accettabile.

Qualora si vogliano rappresentazioni continue della funzione interpolata, si dovrà ricorrere a metodi di interpolazione più complessi, ad esempio i polinomi di Lagrange.



Applicazione dell'interpolazione bilineare.

Definiti i 4 vertici di una generica maglia i polinomi di Lagrange sono così determinati:

$$h_1 = (1-r) \times (1-s) / 4 \quad (4.4)$$

$$h_2 = (1-r) \times (1+s) / 4 \quad (4.5)$$

$$h_3 = (1+r) \times (1+s) / 4 \quad (4.6)$$

$$h_4 = (1+r) \times (1-s) / 4 \quad (4.7)$$

Tra le coordinate x, y di un punto generico e le coordinate r, s dello stesso punto valgono le seguenti relazioni:

$$4x = \sum_{i=1}^4 h_i \times x_i = [(1-r) \times (1-s) \times x_1 + (1-r) \times (1+s) \times x_2 + (1+r) \times (1+s) \times x_3 + (1+r) \times (1-s) \times x_4] \quad (4.8)$$

$$4y = \sum_{i=1}^4 h_i \times y_i = [(1-r) \times (1-s) \times y_1 + (1-r) \times (1+s) \times y_2 + (1+r) \times (1+s) \times y_3 + (1+r) \times (1-s) \times y_4] \quad (4.9)$$

La soluzione del sistema di equazioni non lineari è ottenuta iterativamente e, tramite i valori di r ed s , si determinano i parametri a_g, F_0, T_c^* dall'equazione:

$$4p = \sum_{i=1}^4 h_i \times p_i = [(1-r) \times (1-s) \times p_1 + (1-r) \times (1+s) \times p_2 + (1+r) \times (1+s) \times p_3 + (1+r) \times (1-s) \times p_4] \quad (4.10)$$

Dove p rappresenta il parametro cercato.

Pericolosità sismica di sito

Il moto generato da un terremoto in un sito dipende dalle particolari condizioni locali, cioè dalle caratteristiche topografiche e stratigrafiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi e dalle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono. Per la singola opera o per il singolo sistema geotecnico la risposta sismica locale consente di definire le modifiche che un segnale sismico subisce, a causa dei fattori anzidetti, rispetto a quello di un sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (sottosuolo di categoria A, definito al § 3.2.2).

Coefficienti sismici

I coefficienti sismici orizzontale k_h e verticale k_v dipendono del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi e del tipo di opera da calcolare. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno (T_R) dell'evento sismico che è valutato come segue:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1-P_{VR})} \quad (5.1)$$

Con V_R vita di riferimento della costruzione e P_{VR} probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso V_R non può essere inferiore a 35 anni.

Stabilità dei pendii e fondazioni

Nel caso di stabilità dei pendii i coefficienti k_h e k_v sono così determinati:

$$k_h = \beta_s \times \left(\frac{a_{\max}}{g} \right) \quad (5.2)$$

$$k_v = \pm 0.5 \times k_h \quad (5.3)$$

con

β_s coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

a_{\max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g accelerazione di gravità.

Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0.2 < a_g(g) \leq 0.4$	0.30	0.28
$0.1 < a_g(g) \leq 0.2$	0.27	0.24
$a_g(g) \leq 0.1$	0.20	0.20

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa al sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$$a_{\max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g \quad (5.4)$$

S_S (effetto di amplificazione stratigrafica) ($0.90 \leq S_S \leq 1.80$) è funzione di F_0 (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E). e del rapporto a_g/g . S_T (effetto di amplificazione topografica), varia con il variare delle quattro categorie topografiche:

$$\mathbf{T1: } S_T = 1.0; \mathbf{T2: } S_T = 1.20; \mathbf{T3: } S_T = 1.20; \mathbf{T4: } S_T = 1.40.$$

Fronti scavo e rilevati

Il comportamento in condizioni sismiche dei fronti di scavo e dei rilevati può essere analizzato con gli stessi metodi impiegati per i pendii naturali; specificamente mediante metodi pseudostatici, metodi degli spostamenti e metodi avanzati di analisi dinamica.

Nei metodi pseudostatici l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, costante nello spazio e nel tempo, proporzionale al peso W del volume di terreno potenzialmente instabile. Le componenti orizzontale e verticale di tale forza devono essere ricavate in funzione delle proprietà del moto atteso nel volume di terreno potenzialmente instabile e della capacità di tale volume di subire spostamenti senza significative riduzioni di resistenza.

In mancanza di studi specifici, le componenti orizzontale e verticale della forza statica equivalente possono esprimersi come

$$F_h = k_h \cdot W \text{ ed } F_v = k_v \cdot W$$

con k_h e k_v rispettivamente pari ai coefficienti sismici orizzontale e verticale definiti nel § 7.11.3.5.2 e adottando i seguenti valori del coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito:

$\beta_s = 0.38$ nelle verifiche dello stato limite ultimo (SLV)

$\beta_s = 0.47$ nelle verifiche dello stato limite di esercizio (SLD).

Nelle verifiche di sicurezza si deve controllare che la resistenza del sistema sia maggiore delle azioni (condizione [6.2.1]) impiegando lo stesso approccio di cui al § 6.8.2 per le opere di materiali sciolti e fronti di scavo, ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici (§ 7.11.1) e impiegando le resistenze di progetto calcolate con un coefficiente parziale pari a $\gamma_R = 1.2$.

Si deve inoltre tener conto della presenza di manufatti interagenti con l'opera.

Muri di sostegno

Per i muri di sostegno pendii i coefficienti k_h e k_v sono così determinati:

$$k_h = \beta_m \times \left(\frac{a_{\max}}{g} \right) \quad (5.5)$$

$$k_v = \pm 0.5 \times k_h \quad (5.6)$$

β_m coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito, per i muri che non siano in grado di subire spostamenti relativi rispetto al terreno assume valore unitario altrimenti assume i valori riportati di seguito.

$\beta_m = 0.38$ nelle verifiche allo stato limite ultimo (SLV)

$\beta_m = 0.47$ nelle verifiche allo stato limite di esercizio (SLD).

I valori del coefficiente β_m possono essere incrementati in ragione di particolari caratteristiche prestazionali del muro, prendendo a riferimento il diagramma di in Figura 5.2.

a_{\max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g accelerazione di gravità.

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa sul sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$$a_{\max} = S_S \times S_T \times a_g \quad (5.7)$$

S è il coefficiente comprendente l'effetto di amplificazione stratigrafica S_S e di amplificazione topografica S_T .

a_g accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

Paratie

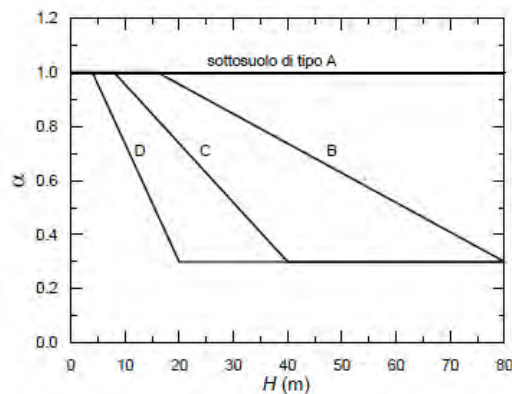
In mancanza di studi specifici, **a_h** (accelerazione orizzontale) può essere legata all'accelerazione di picco **a_{max}** attesa nel volume di terreno significativo per l'opera mediante la relazione:

$$a_h = k_h \times g = \alpha \times \beta \times a_{max} \quad (5.8)$$

dove **g** è l'accelerazione di gravità;

k_h è il coefficiente sismico in direzione orizzontale;

α ≤ 1 è un coefficiente che tiene conto della deformabilità dei terreni interagenti con l'opera. Può essere ricavato a partire dall'altezza complessiva **H** della paratia e dalla categoria di sottosuolo mediante il diagramma

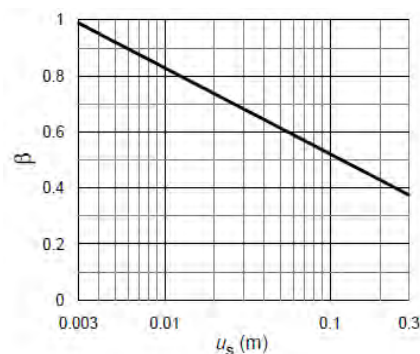


Per il sottosuolo di categoria E si utilizzano le curve dei sottosuoli C o D in dipendenza dei valori assunti dalla velocità equivalente **V_s**. Per la valutazione della spinta nelle condizioni di equilibrio limite passivo deve porsi $\alpha = 1$.

Il valore del coefficiente β può essere ricavato dal diagramma, in funzione del massimo spostamento **u_s** che l'opera può tollerare senza riduzioni di resistenza.

Per $u_s = 0$ si ha $\beta = 1$; $u_s \leq 0.005 \times H$

Se $\alpha \times \beta \leq 0.2$ deve assumersi $k_h = 0.2 \times a_{max} / g$



L'accelerazione di picco a_{\max} è valutata mediante un'analisi di risposta sismica locale, ovvero come

$$a_{\max} = S_S \times S_T \times a_g \quad (5.9)$$

Dove S è il coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_S) e dell'amplificazione topografica (S_T), di cui al § 3.2.3.2;

a_g è l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

- Intervento “Piè Delle Vigne” - PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE



Vita nominale (V_n): 50 [anni]

Classe d'uso: IV

Coefficiente d'uso (C_u): 2

Periodo di riferimento (V_r): 100 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLO: 60 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLD: 101 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLV: 949 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLC: 1950 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84): 40,6525993 [°]

Longitudine (WGS84): 15,4200134 [°]

Latitudine (ED50): 40,6535950 [°]

Longitudine (ED50): 15,4208565 [°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	33884	40,668840	15,401510	2352,94
2	33885	40,667710	15,467390	4227,26
3	34107	40,617720	15,465850	5507,10
4	34106	40,618860	15,400000	4244,48

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

Punto 1

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
	30	0,056	2,396	0,276
	50	0,076	2,357	0,294
SLO	60	0,084	2,347	0,303
	72	0,093	2,336	0,313
SLD	101	0,112	2,326	0,324
	140	0,133	2,322	0,332
	201	0,161	2,320	0,342
	475	0,249	2,292	0,369
SLV	949	0,336	2,328	0,387
	975	0,340	2,329	0,388
SLC	1950	0,437	2,425	0,418
	2475	0,476	2,459	0,428

Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
	30	0,057	2,401	0,275
	50	0,078	2,357	0,292
SLO	60	0,086	2,343	0,302
	72	0,096	2,328	0,313
SLD	101	0,115	2,323	0,322
	140	0,137	2,316	0,332
	201	0,167	2,309	0,341
	475	0,256	2,293	0,369
SLV	949	0,348	2,327	0,387
	975	0,352	2,328	0,387
SLC	1950	0,451	2,424	0,418
	2475	0,491	2,458	0,430

Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
	30	0,056	2,401	0,276
	50	0,076	2,358	0,293
SLO	60	0,084	2,347	0,302
	72	0,093	2,337	0,312
SLD	101	0,112	2,325	0,323
	140	0,133	2,321	0,331
	201	0,161	2,319	0,341
	475	0,248	2,291	0,366
SLV	949	0,335	2,335	0,387
	975	0,339	2,337	0,388
SLC	1950	0,436	2,430	0,417
	2475	0,476	2,463	0,428

Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
	30	0,053	2,387	0,277
	50	0,072	2,355	0,297
SLO	60	0,079	2,353	0,307
	72	0,087	2,352	0,317
SLD	101	0,105	2,341	0,328
	140	0,124	2,346	0,335
	201	0,150	2,337	0,346
	475	0,232	2,297	0,370
SLV	949	0,312	2,313	0,400
	975	0,316	2,314	0,401

SLC	1950	0,408	2,411	0,420
	2475	0,446	2,446	0,427

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	60	0,083	2,347	0,304
SLD	101	0,111	2,328	0,324
SLV	949	0,333	2,325	0,390
SLC	1950	0,434	2,423	0,418

PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$: 1,000

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica:

T1: Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore o uguale a 15°

Muri di sostegno NTC 2008

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,023	0,040	0,128	0,464
kv	0,011	0,020	0,064	0,232
amax [m/s²]	1,227	1,636	4,050	4,550
Beta	0,180	0,240	0,310	1,000

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,125	0,167	0,413	0,464
kv	0,063	0,083	0,207	0,232
amax [m/s²]	1,227	1,636	4,050	4,550
Beta	1,000	1,000	1,000	1,000

Stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,025	0,040	0,116	0,464
kv	0,013	0,020	0,058	0,232
amax [m/s²]	1,227	1,636	4,050	4,550
Beta	0,200	0,240	0,280	1,000

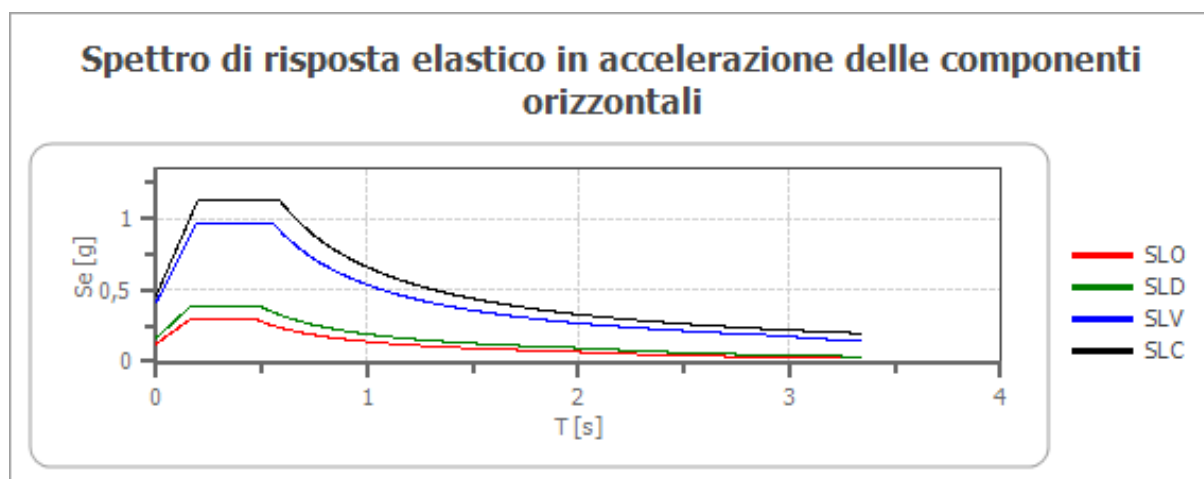
Muri di sostegno NTC 2018

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0,078	0,157	--
kv	--	0,039	0,078	--
amax [m/s ²]	1,227	1,636	4,050	4,550
Beta	--	0,470	0,380	--

Fronti di scavo e rilevati

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0,078	0,157	--
kv	--	0,039	0,078	--
amax [m/s ²]	1,227	1,636	4,050	4,550
Beta	--	0,470	0,380	--

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

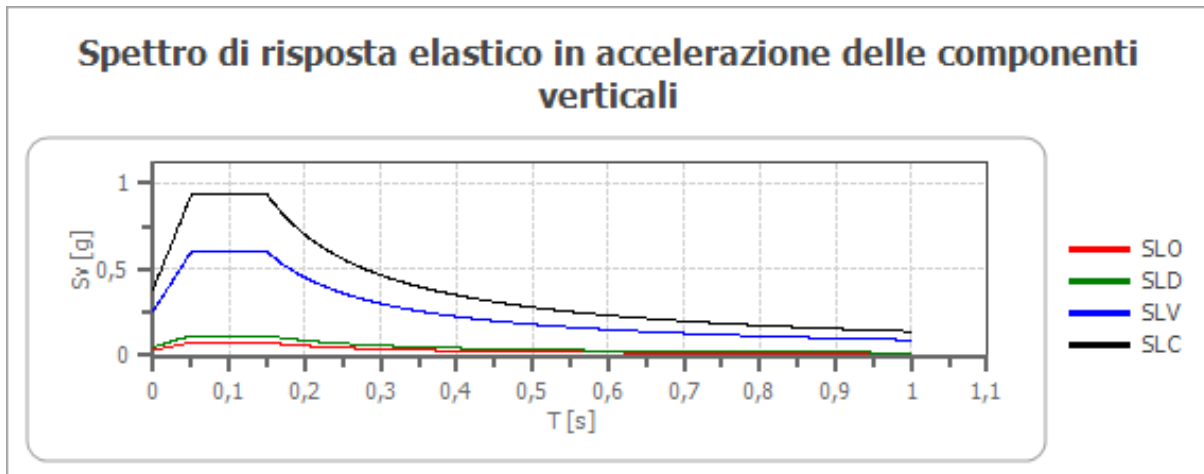


	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(T B) [g]
SLO	2,0	0,083	2,347	0,304	1,500	1,560	1,000	1,500	1,000	0,158	0,474	1,934	0,125	0,294
SLD	2,0	0,111	2,328	0,324	1,500	1,520	1,000	1,500	1,000	0,164	0,492	2,045	0,167	0,388
SLV	2,0	0,333	2,325	0,390	1,240	1,430	1,000	1,240	1,000	0,186	0,557	2,932	0,413	0,960
SLC	2,0	0,434	2,423	0,418	1,070	1,400	1,000	1,070	1,000	0,195	0,586	3,335	0,464	1,124

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$: 1,000



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(T B) [g]
SLO	2,0	0,083	2,347	0,304	1	1,560	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,033	0,076
SLD	2,0	0,111	2,328	0,324	1	1,520	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,050	0,117
SLV	2,0	0,333	2,325	0,390	1	1,430	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,259	0,603
SLC	2,0	0,434	2,423	0,418	1	1,400	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,386	0,934

Spettro di progetto

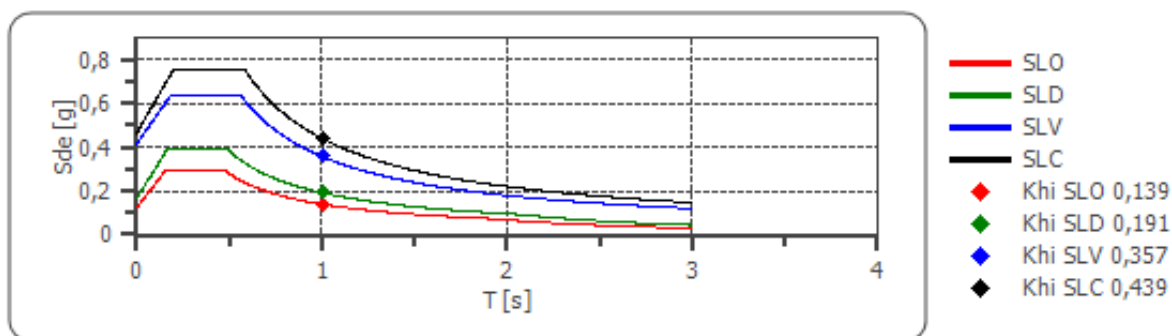
Fattore di struttura spettro orizzontale q : 1,50

Fattore di struttura spettro verticale q : 1,50

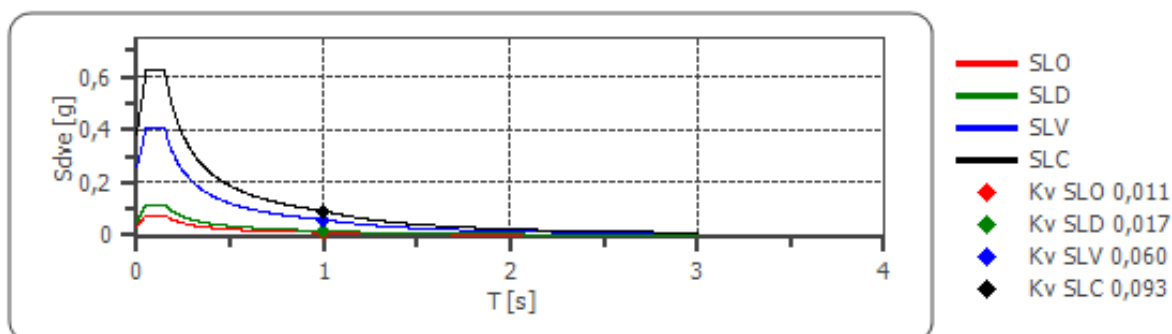
Periodo fondamentale T : 1,00 [s]

	SLO	SLD	SLV	SLC
khi = Sde(T) Orizzontale [g]	0,139	0,191	0,357	0,439
kv = Sdve(T) Verticale [g]	0,011	0,017	0,060	0,093

Spettro di progetto delle componenti orizzontali

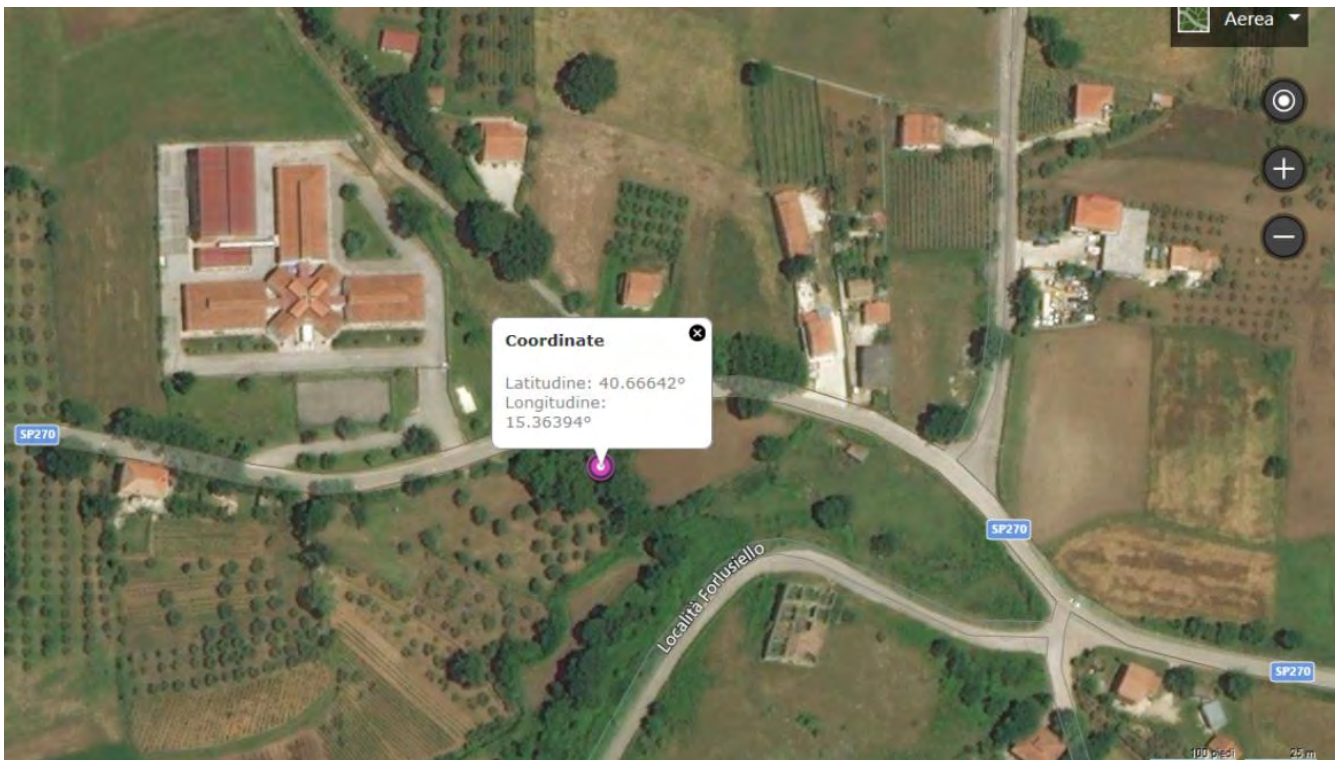


Spettro di progetto delle componenti verticali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	q [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Sd(0) [g]	Sd(TB) [g]
SLO orizz	2,0	0,083	2,347	0,304	1,500	1,560	1,000	1,500	1,000	0,158	0,474	1,934	0,125	0,294
SLO vert	2,0	0,083	2,347	0,304	1,500	1,560	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,033	0,076
SLD orizz	2,0	0,111	2,328	0,324	1,500	1,520	1,000	1,500	1,000	0,164	0,492	2,045	0,167	0,388
SLD vert	2,0	0,111	2,328	0,324	1,500	1,520	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,050	0,117
SLV orizz	2,0	0,333	2,325	0,390	1,240	1,430	1,000	1,240	1,500	0,186	0,557	2,932	0,413	0,640
SLV vert	2,0	0,333	2,325	0,390	1,240	1,430	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000	0,259	0,402
SLC orizz	2,0	0,434	2,423	0,418	1,070	1,400	1,000	1,070	1,500	0,195	0,586	3,335	0,464	0,749
SLC vert	2,0	0,434	2,423	0,418	1,070	1,400	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000	0,386	0,623

- Intervento “Filette” - PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE



Vita nominale (V_n): 50 [anni]
Classe d'uso: IV
Coefficiente d'uso (C_u): 2
Periodo di riferimento (V_r): 100 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLO: 60 [anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLD: 101 [anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLV: 949 [anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLC: 1950 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84): 40,6664200 [°]
Longitudine (WGS84): 15,3639402 [°]
Latitudine (ED50): 40,6674156 [°]
Longitudine (ED50): 15,3647852 [°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	33883	40,669930	15,335650	2473,12
2	33884	40,668840	15,401510	3101,48
3	34106	40,618860	15,400000	6162,60
4	34105	40,619950	15,334220	5874,18

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

Punto 1

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
	30	0,054	2,378	0,277
	50	0,072	2,354	0,298
SLO	60	0,079	2,349	0,308
	72	0,087	2,345	0,318
SLD	101	0,105	2,343	0,329
	140	0,124	2,347	0,337
	201	0,149	2,340	0,347
	475	0,230	2,302	0,373
SLV	949	0,312	2,304	0,400
	975	0,316	2,304	0,401
SLC	1950	0,407	2,403	0,420
	2475	0,445	2,438	0,427

Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
	30	0,056	2,396	0,276
	50	0,076	2,357	0,294
SLO	60	0,084	2,347	0,303
	72	0,093	2,336	0,313
SLD	101	0,112	2,326	0,324
	140	0,133	2,322	0,332
	201	0,161	2,320	0,342
	475	0,249	2,292	0,369
SLV	949	0,336	2,328	0,387

	975	0,340	2,329	0,388
SLC	1950	0,437	2,425	0,418
	2475	0,476	2,459	0,428

Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
	30	0,053	2,387	0,277
	50	0,072	2,355	0,297
SLO	60	0,079	2,353	0,307
	72	0,087	2,352	0,317
SLD	101	0,105	2,341	0,328
	140	0,124	2,346	0,335
	201	0,150	2,337	0,346
	475	0,232	2,297	0,370
SLV	949	0,312	2,313	0,400
	975	0,316	2,314	0,401
SLC	1950	0,408	2,411	0,420
	2475	0,446	2,446	0,427

Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
	30	0,051	2,351	0,281
	50	0,066	2,349	0,308
SLO	60	0,072	2,362	0,315
	72	0,079	2,375	0,323
SLD	101	0,094	2,379	0,335
	140	0,111	2,386	0,344
	201	0,133	2,385	0,355
	475	0,201	2,314	0,401
SLV	949	0,278	2,297	0,409
	975	0,282	2,297	0,410
SLC	1950	0,364	2,372	0,425
	2475	0,398	2,399	0,430

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	60	0,079	2,351	0,307
SLD	101	0,105	2,343	0,328
SLV	949	0,314	2,312	0,397
SLC	1950	0,410	2,406	0,420

PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta=[10/(5+\xi)]^{(1/2)}$: 1,000

Categoria sottosuolo: B

Categoria topografica:

T1: Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore o uguale a 15°

Muri di sostegno NTC 2008

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,017	0,030	0,108	0,414
kv	0,009	0,015	0,054	0,207
amax [m/s ²]	0,935	1,239	3,415	4,057
Beta	0,180	0,240	0,310	1,000

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,095	0,126	0,348	0,414
kv	0,048	0,063	0,174	0,207
amax [m/s ²]	0,935	1,239	3,415	4,057
Beta	1,000	1,000	1,000	1,000

Stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,019	0,030	0,098	0,414
kv	0,010	0,015	0,049	0,207
amax [m/s ²]	0,935	1,239	3,415	4,057
Beta	0,200	0,240	0,280	1,000

Muri di sostegno NTC 2018

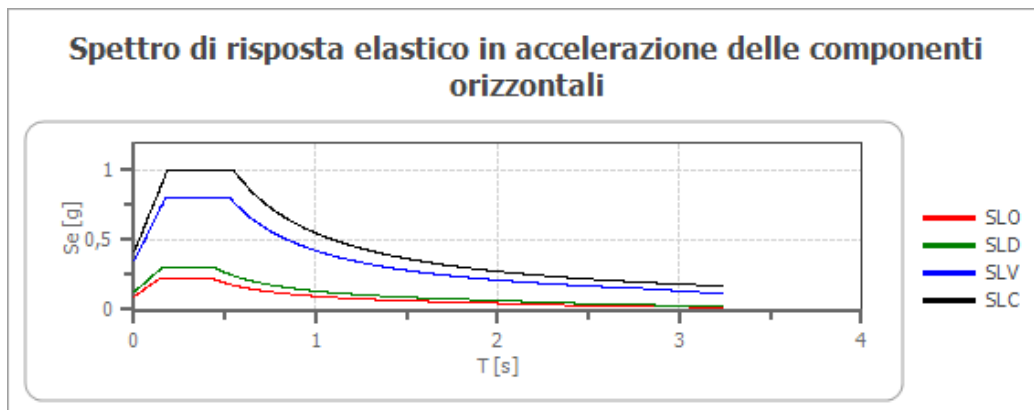
Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0,059	0,132	--
kv	--	0,030	0,066	--
amax [m/s ²]	0,935	1,239	3,415	4,057
Beta	--	0,470	0,380	--

Fronti di scavo e rilevati

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0,059	0,132	--
kv	--	0,030	0,066	--
amax [m/s ²]	0,935	1,239	3,415	4,057

Beta	--	0,470	0,380	--
------	----	-------	-------	----

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

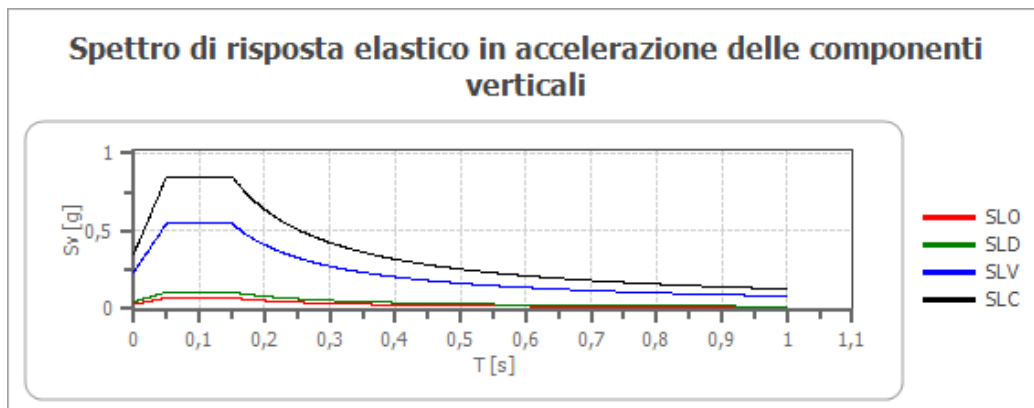


	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(T B) [g]
SLO	2,0	0,079	2,351	0,307	1,200	1,390	1,000	1,200	1,000	0,142	0,427	1,918	0,095	0,224
SLD	2,0	0,105	2,343	0,328	1,200	1,370	1,000	1,200	1,000	0,150	0,449	2,021	0,126	0,296
SLV	2,0	0,314	2,312	0,397	1,110	1,320	1,000	1,110	1,000	0,175	0,525	2,855	0,348	0,805
SLC	2,0	0,410	2,406	0,420	1,010	1,310	1,000	1,010	1,000	0,183	0,550	3,238	0,414	0,995

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta=[10/(5+\xi)]^{(1/2)}$: 1,000



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(T B) [g]
SLO	2,0	0,079	2,351	0,307	1	1,390	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,030	0,071
SLD	2,0	0,105	2,343	0,328	1	1,370	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,046	0,108
SLV	2,0	0,314	2,312	0,397	1	1,320	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,237	0,548
SLC	2,0	0,410	2,406	0,420	1	1,310	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,354	0,851

Spettro di progetto

Fattore di struttura spettro orizzontale q:

1,50

Fattore di struttura spettro verticale q:

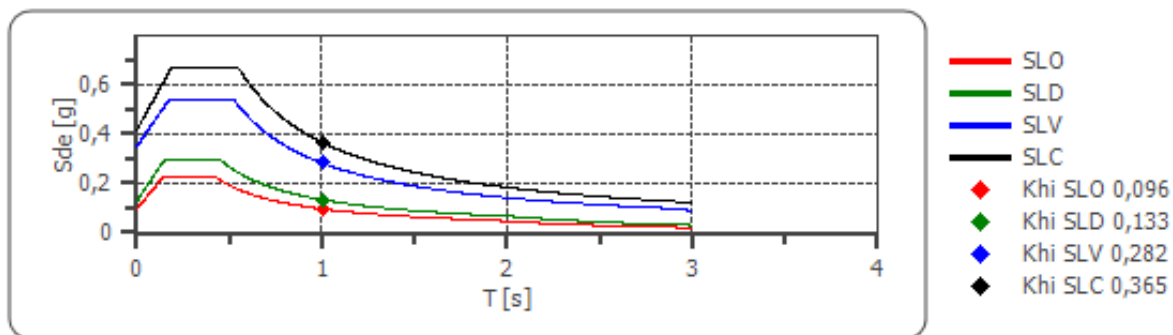
1,50

Periodo fondamentale T:

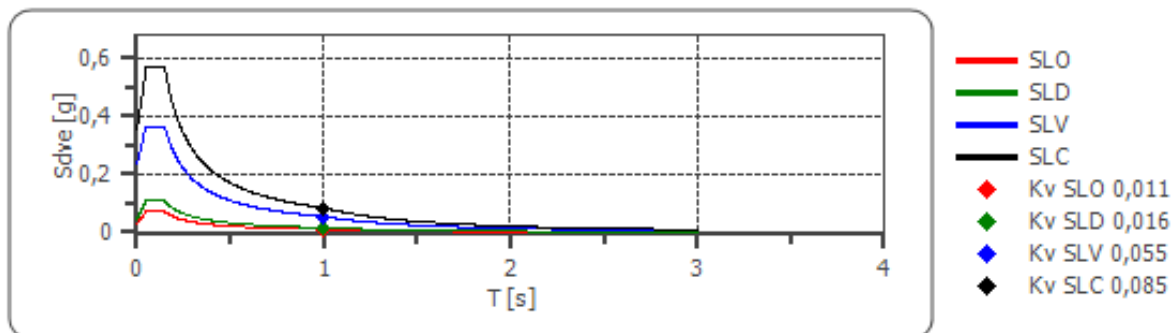
1,00 [s]

	SLO	SLD	SLV	SLC
khi = Sde(T) Orizzontale [g]	0,096	0,133	0,282	0,365
k _v = Sd _{ve} (T) Verticale [g]	0,011	0,016	0,055	0,085

Spettro di progetto delle componenti orizzontali



Spettro di progetto delle componenti verticali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	q [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Sd(0) [g]	Sd(TB) [g]
SLO orizz	2,0	0,079	2,351	0,307	1,200	1,390	1,000	1,200	1,000	0,142	0,427	1,918	0,095	0,224
SLO vert	2,0	0,079	2,351	0,307	1,200	1,390	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,030	0,071
SLD orizz	2,0	0,105	2,343	0,328	1,200	1,370	1,000	1,200	1,000	0,150	0,449	2,021	0,126	0,296
SLD vert	2,0	0,105	2,343	0,328	1,200	1,370	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,046	0,108
SLV orizz	2,0	0,314	2,312	0,397	1,110	1,320	1,000	1,110	1,500	0,175	0,525	2,855	0,348	0,537
SLV vert	2,0	0,314	2,312	0,397	1,110	1,320	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000	0,237	0,366
SLC	2,0	0,410	2,406	0,420	1,010	1,310	1,000	1,010	1,500	0,183	0,550	3,238	0,414	0,664

orizz														
SLC	2,0	0,410	2,406	0,420	1,010	1,310	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000	0,354	0,568
vert														

6. Caratterizzazione litostratigrafica e geotecnica

Per quel che riguarda lo studio geognostico in senso stretto, questo è stato concentrato soprattutto sull'area dove è previsto l'impianto di località Piè Delle Vigne; questo perché è qui che vi si concentreranno le infrastrutture relative all'impianto di depurazione comunale.

La caratterizzazione dei terreni è stata condotta mediante un attento rilievo geologico e geomorfologico supportato dall'esecuzione del sondaggio S1.

Durante le operazioni di carotaggio, il principale scopo è stato quello di definire i rapporti di strato e le caratteristiche geotecniche dei depositi riscontrati lungo la verticale di prospezione.

Durante le operazioni di trivellazione sono stati estratti n° 2 campioni indisturbati, sui quali sono state effettuate indagini geotecniche di laboratorio.

Con quest'ultime è stato possibile caratterizzare il comportamento geomeccanico in sito dei terreni, nonché determinare le stratigrafie meccaniche del sottosuolo.

Importante conferma è stata data dalla rivelazione dei parametri relativi ai sismografi ottenuti dagli sismometri MASW.

L'andamento dei parametri fisico-meccanici dedotti lungo le verticali di prospezione, consentono di individuare i seguenti litotipi aventi i seguenti spessori e caratteristiche geomeccaniche:

0,00 – 1,30m Riporto antropico associato al suolo vegetale limo-argilloso con presenza di radici e depositi residuali argillosi, colore marrone e grigio, presenza di elementi carbonatici

1,30 – 13,80m Deposito costituito prevalentemente da argilla debolmente limosa, di colore marrone scuro, con consistenza medio-bassa.

13,80 – 23,50m Deposito costituito prevalentemente da argilla limosa e limo argilloso, mediamente consistente, di colore marrone medio scuro - rossiccio.

23,50 – 25,00m Deposito costituito prevalentemente da argilla limosa e limo argilloso, con componente carbonatica mediamente consistente, di colore marrone medio scuro - rossiccio.

25,00 – 30,00m Deposito limo argilloso con componente carbonatica, mediamente consistente, di colore nocciola.

Caratterizzazione campione S1C1 estratto a m 2,50-3,00

Classificazione A.G.I.: limo sabbioso e argilloso

Angolo di attrito interno	$\varnothing = 23^{\circ},3$
Modulo Edometrico	$E = 8081 \text{ kPa } (\sigma = 100 - 200 \text{ kPa})$
Modulo di Poisson	$M_p = 0,33$
Costante di sottofondo Z	$K_z = 20 \text{ N/cm}^3$
Costante di sottofondo X	$K_x = 13 \text{ N/cm}^3$
Costante di sottofondo Y	$K_y = 13 \text{ N/cm}^3$
Peso di volume	$\gamma = 16,9 \text{ kN/m}^3$
Coesione non drenata	$C_u = 26,1 \text{ kPa}$

Caratterizzazione campione S2C1 estratto a m 14,50-15,00

Classificazione A.G.I.: limo con argilla sabbioso e ghiaioso

Angolo di attrito interno	$\varnothing = 17^{\circ},7$
Modulo Edometrico	$E = 5757 \text{ kPa } (\sigma = 100 - 200 \text{ kPa})$
Modulo di Poisson	$M_p = 0,33$
Costante di sottofondo Z	$K_z = 20 \text{ N/cm}^3$
Costante di sottofondo X	$K_x = 15 \text{ N/cm}^3$
Costante di sottofondo Y	$K_y = 15 \text{ N/cm}^3$
Peso di volume	$\gamma = 18,7 \text{ kN/m}^3$
Coesione non drenata	$C_u = 29,5 \text{ kPa}$

8. Osservazioni e conclusioni

Il presente studio geologico è stato redatto dal sottoscritto Dott. Geol. Angelo GOFFREDO a seguito dell'incarico conferitomi con determina dell'Area Tecnica del Comune di San Gregorio Magno

Tale studio segue le norme vigenti, in particolare è stato redatto in conformità alle NTC 2018 (D.M. 17/01/2018) e alla Norme di Attuazione contenute nella PSAI ex Autorità di Bacino Campania Sud ed Interregionale Fiume Sele.

Il progetto prevede la realizzazione di due impianti di depurazione con relative opere di collegamento, evidenziati in dettaglio negli elaborati specifici.

In particolare, è prevista la realizzazione di un nuovo impianto di depurazione da ubicare alla località **Piè delle Vigne**, a sud-est del centro abitato di San Gregorio Magno, il quale tratterà le acque reflue della gran parte del centro urbano, e di un secondo impianto di depurazione alla località **Filette**, posto ad ovest.

Il presente studio è stato commisurato alle effettive problematiche geologiche presenti, in relazione alle opere a farsi e all'obiettivo progettuale prefissato; lo stesso è stato esteso ad un ambito geologico-geomorfologico significativo.

La progettazione delle opere indicate ha presupposto la realizzazione di un attento programma d'indagini al fine di accertare tutti i principali aspetti geologici, geomeccanici, geomorfologici ed idrogeologici. In tal senso ed in accordo con quanto previsto dalle norme, è stato effettuato un preciso studio geologico in funzione delle caratteristiche geologico-peculiari dell'area e delle opere in progetto.

Per il progetto in esame sono state realizzate, oltre al rilievo dettagliato dell'area dal punto di vista geologico, geomorfologico ed idrogeologico, una importante campagna di indagini *in situ*, prove di laboratorio e verifiche, consistite in:

- Realizzazione di n° 1 sondaggio meccanici a carotaggio continuo;
- Realizzazione di n° 2 stendimenti sismici di tipo MASW;

oltre a:

- Prove di laboratorio sui campioni prelevati;

Andando nello specifico, il presente studio ottempera anche a quanto previsto dall'attuale Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale e, nel caso di specie, dalle vigenti Norme di Attuazione del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PSAI) allegate alla rivisitazione del Piano stralcio dell'ex Autorità di Bacino Regionale Campania Sud ed Interregionale del fiume Sele.

In riferimento alle cartografie attualmente vigenti contenute nella rivisitazione del suddetto piano Stralcio, le aree interessate dagli interventi, per quel che riguarda la carta della pericolosità da frana (come si evince dagli stralci cartografici allegati) comprendono: **zona a pericolosità reale da frana Pf2a**, per quel che riguarda l'area da destinarsi all'impianto di depurazione denominato "Piè delle Vigne", **zona a pericolosità potenziale da frana P_utr2**, per quel che riguarda l'area da destinarsi all'impianto di depurazione denominato "Filette".

Le altre cartografie sono presenti in allegato alla relazione.

A seguito di quanto detto, il presente studio ha seguito quanto previsto dalle suddette norme di attuazione, in riferimento alla redazione degli studi di compatibilità geologica per la pericolosità e rischio da frana. In particolare, ha dettagliato quanto previsto dall'Allegato "H", per la parte denominata: Indirizzi tecnici per la redazione degli studi di compatibilità geologica per il Bacino Idrografico Interregionale Sele.

Lo scopo principale è stato quello di verificare la coerenza del progetto proposto con la normativa contenuta nel PSAI vigente, con riferimento alle garanzie ed alle condizioni richieste per ogni intervento. Inoltre, è stato chiaramente dimostrato come le opere a farsi non andranno a creare nuove condizioni di rischio incompatibili con quello sostenibile o appartenenti ad una classe più gravosa di quella esistente nella corrispondente area di pericolo.

Le infrastrutture in progetto non costituiranno un fattore di aumento della pericolosità da dissesto del versante. Inoltre, verranno garantite adeguate condizioni di sicurezza durante la permanenza del cantiere, in modo che i lavori si svolgeranno senza creare un significativo aumento del livello di rischio o del grado di esposizione al rischio esistente.

A più ampio spettro, le opere previste in ciascuna zona di intervento risultano essere idonee a migliorare le condizioni generali dell'area; le stesse non costituiranno un fattore di aumento della pericolosità da dissesto del versante. Contestualmente, verranno garantite adeguate condizioni di sicurezza durante la permanenza del cantiere, in modo che i lavori si svolgeranno senza creare un significativo aumento del livello di rischio o del grado di esposizione al rischio esistente.

La presenza, sui versanti, di deformazioni lente superficiali, costituite essenzialmente da creep e soliflussi, costituiscono i maggiori rischi geologici al quale sono esposti persone ed infrastrutture, nella stretta area di interesse.

In tale lavoro viene omessa la verifica di stabilità dei versanti che insistono sulle aree di progetto a causa della morfologia presente (bassissima pendenza) ed in considerazione dei limitatissimi spessori dei depositi coinvolti.

In particolare, le indagini sono state adeguate all'entità del fenomeno attivo e/o atteso ed alla tipologia di intervento da realizzare. Per tale ragione, come suggerito dalle suddette Norme di Attuazione, è stata prestata particolare attenzione all'osservazione di tipo geomorfologico; questo al fine di delineare le forme di erosione areale, incanalate o sub-superficiali, le quali definiscono la natura e l'entità dei processi in atto e permettono di ipotizzare le tendenze evolutive e le aree di ampliamento dei fenomeni.

Tali considerazioni trovano riscontro nella lettura delle cartografie dedicate prodotte, dal quale si evince chiaramente che le principali forme riscontrate, per una più ristretta area di interesse, sono riassumibili in solchi da ruscellamento concentrato e conoidi alluvionali. Tali forme presentano un basso profilo, le cui tendenze evolutive non possono che essere dissimili da quelle esistenti.

Data la natura degli interventi previsti, si rende necessario, in fase di avanzamento di realizzazione delle opere, effettuare sopralluoghi tecnici per ulteriori verifiche riguardo la natura dei terreni interessati.

Alla fine del presente studio vengono riportate le seguenti cartografie ed allegati:

CARTOGRAFIE:

- Ubicazione topografica d'insieme
- Planimetria catastale
- Carta geolitologica PSAI
- Carta geomorfologica PSAI
- Carta inventario dei fenomeni franosi PSAI
- Carta delle acclività PSAI
- Carta della pericolosità da frana PSAI
- Carta della pericolosità da alluvione PSAI

- Carta di ubicazione delle indagini
- Carta geolitologica con indicazioni idrogeologiche-località Piè Delle Vigne- scala 1: 5.000
- Carta geolitologica con indicazioni idrogeologiche-località Filette- scala 1: 3.500
- Carta geomorfologica-località Piè Delle Vigne- scala 1: 5.000
- Carta geomorfologica -località Filette- scala 1: 3.500
- Carta inventario dei fenomeni franosi-località Piè Delle Vigne- scala 1: 5.000
- Carta inventario dei fenomeni franosi -località Filette- scala 1: 3.500
- Carta dei distretti litologi-località Piè Delle Vigne- scala 1: 5.000
- Carta dei distretti litologi -località Filette- scala 1: 3.500
- Carta degli ambiti morfologici-località Piè Delle Vigne- scala 1: 5.000
- Carta degli ambiti morfologici -località Filette- scala 1: 3.500

ALLEGATI:

- Stratigrafie sondaggi e foto cassette catalogatrici
- Prove di laboratorio
- Elaborati sismici MASW

In conclusione è possibile affermare che il progetto proposto risulta essere coerente con la normativa contenuta nel PSAI.

Infine, è stato dimostrato che le opere a farsi non andranno a creare nuove condizioni di rischio incompatibili con quello sostenibile, ma al contrario le opere di mitigazione progettate andranno sicuramente a migliorare le condizioni di sicurezza presente lungo il versante.

La D.L. è invitata inoltre a consultare lo scrivente in fase operativa per ogni operazione legata al rapporto strutture-terreno di fondazione e per ogni decisione riguardo la disciplina delle acque.

Tanto per incarico ricevuto.

Il geologo
(Dott. Angelo GOFFREDO)



Dichiarazione a seguito di Verifica PTFE
- Realizzazione impianto di depurazione di San Gregorio Magno (SA) –
Scheda tecnica di verifica con report delle anomalie

Io sottoscritto Dott. Geologo Angelo Goffredo, per incarico conferitomi con determina dell'Area Tecnica del Comune di San Gregorio Magno, ho redatto lo studio geologico-idraulico finalizzato alla realizzazione degli elaborati geologici necessari alla stesura del progetto per **realizzazione impianto di depurazione di San Gregorio Magno (SA),**

- a seguito della verifica del Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica (PFTE) ai sensi del D.Lgs. 36/2023 e s.m.i., a firma dell'Ing. Luigi IANNONE, nello specifico e per quel che riguarda PTGE-01 (Studio geologico e idraulico);

specifico quanto segue,

l'intera frase riportata nelle conclusioni del suddetto documento:

“ ... Infine, è stato dimostrato che le opere a farsi non andranno a creare nuove condizioni di rischio incompatibili con quello sostenibile, ma al contrario le opere di mitigazione progettate andranno sicuramente a migliorare le condizioni di sicurezza presente lungo il versante.” ...,

è da considerarsi **un mero refuso** intercorso nella stesura della relazione geologica e per tale ragione non va considerato.

Mi scuso per l'imprecisione, che non altera comunque le conclusioni tecniche dello studio.

Tanto si doveva.

Colliano, 18-03-2026

Il geologo

Dott. Angelo GOFFREDO



CARTOGRAFIE



PLANIMETRIA CATASTALE

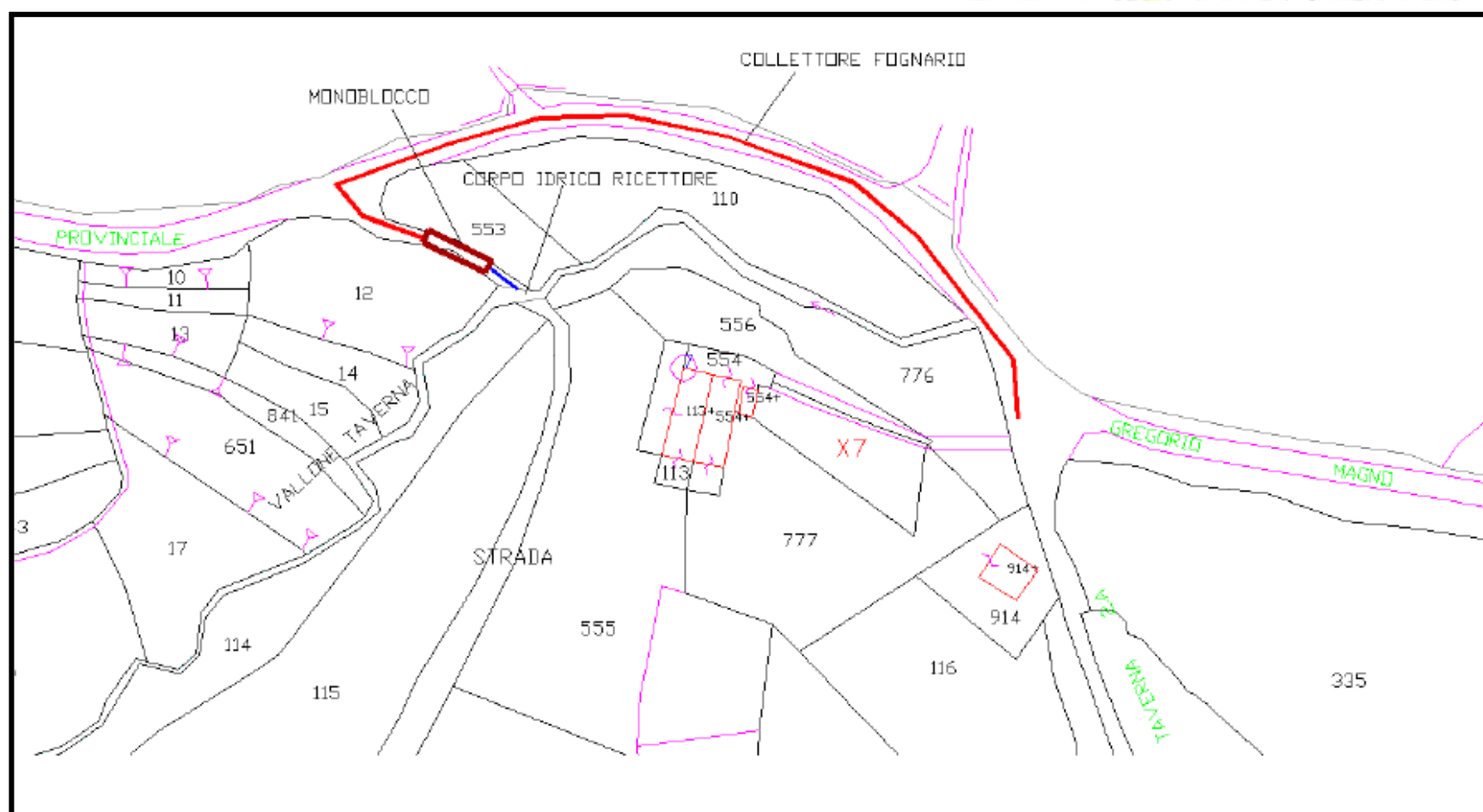
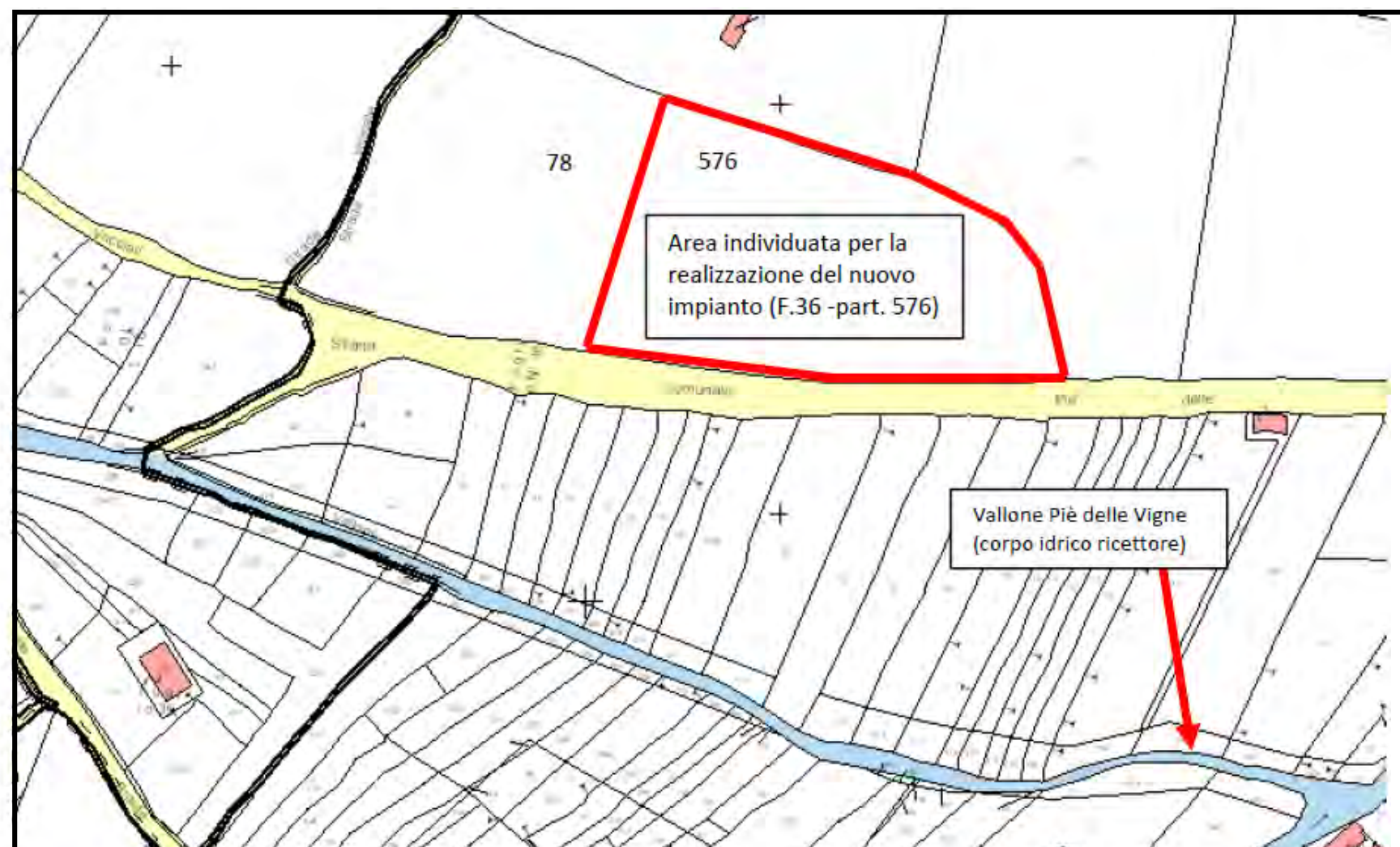
Ubicazione di dettaglio ed indicazione tipologica dell'intervento

Impianto di depurazione

da realizzare alla località PIE' DELLE VIGNE

Foglio catastale n° 36, particella n° 576

Comune di San Gregorio Magno (SA)

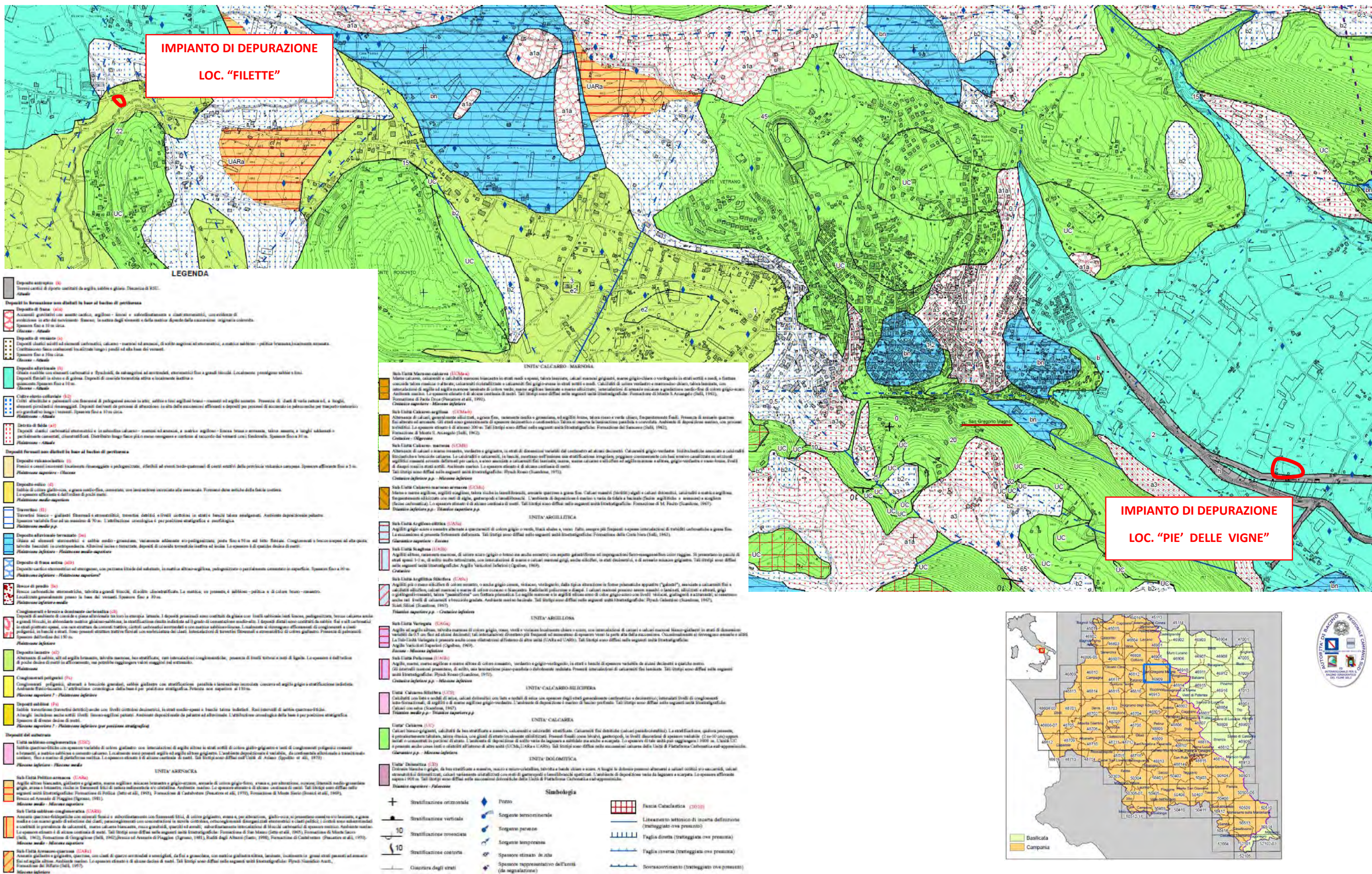


Impianto di depurazione da realizzare alla località FILETTE

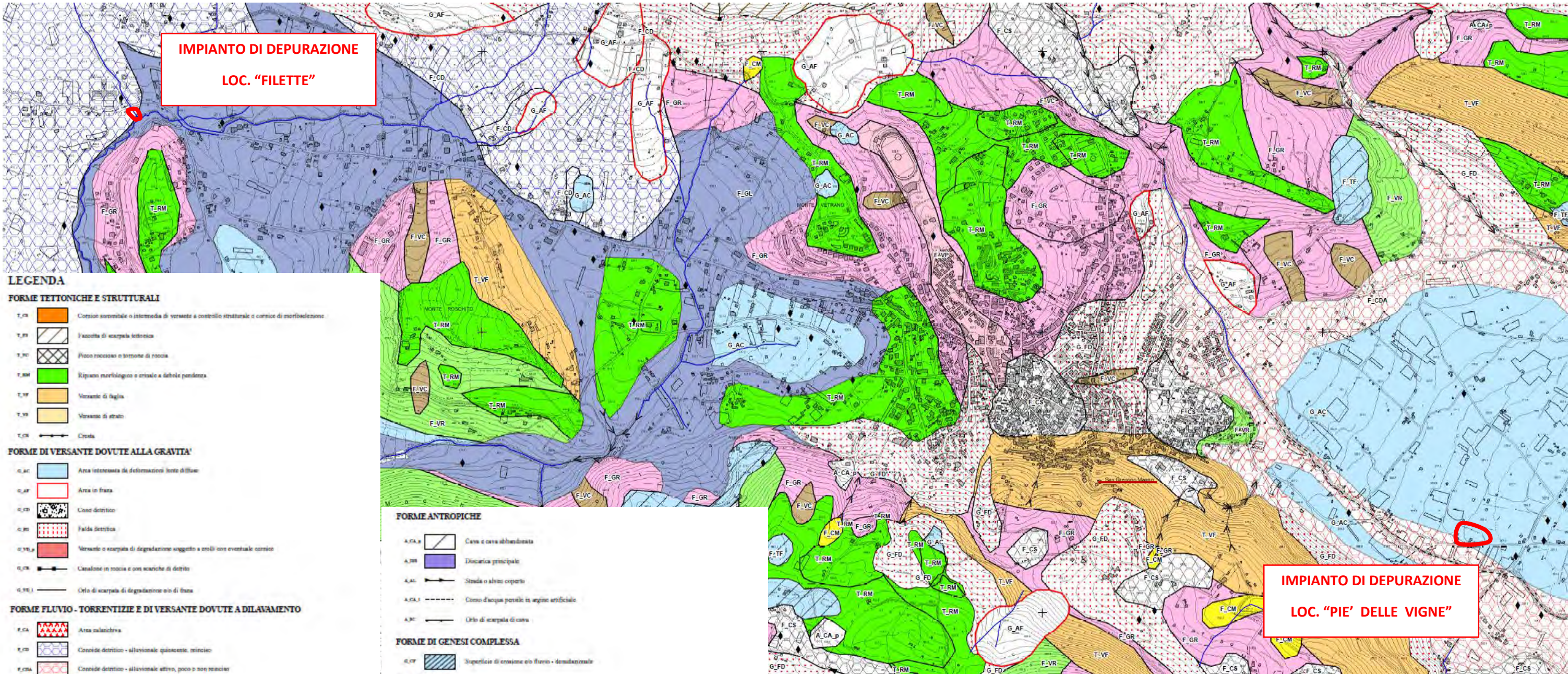
Foglio catastale n° 20

Comune di San Gregorio Magno (SA)

CARTA GEOLITOLOGICA



CARTA GEOMORFOLOGICA



LEGENDA

FORME TETTONICHE E STRUTTURALI

- T_{CR} Corroni orizzontali o intermedie di versante a controllo strutturale o corroni di morfodensazione
- T_{PR} L'accesa di scarpata tettonica
- T_{PR} Pico roccioso o in trincea di roccia
- T_{RM} Ripiano morfologico o orinale a debole pendenza
- T_{TR} Versante di faglia
- T_{TR} Versante di strato
- T_{CR} Cresta

FORME DI VERSANTE DOVUTE ALLA GRAVITA'

- G_{AC} Area intensata da deformazioni lente di frana
- G_{AF} Area in frana
- G_{CD} Cuneo detritico
- G_{GR} Falda detritica
- G_{VR} Versante o scarpata di degradazione soggetta a erosione con eventuale corroni
- G_{CR} Canalone in roccia o con scariche di detriti
- G_{TR} Orlo di scarpata di degradazione o in di frana

FORME FLUVIO - TORRENTIZIE E DI VERSANTE DOVUTE A DILAVAMENTO

- F_{CA} Area calcidria
- F_{CD} Conoidi detritici - alluvionale quietante, rinuncio
- F_{GR} Conoidi detritici - alluvionale attivo, poco o non rinuncio
- F_{CR} Copertura morfologica di versante
- F_{CR} Relitto di conoidi detritici - alluvionale sospeso sul fondovalle
- F_{RM} Scarpata di erosione fluviale
- F_{CR} Olacite di accumulo
- F_{CR} Area di bacino caratterizzata da reticoli idrografici generalizzati
- F_{PR} Piuma alluvionale
- F_{CR} Scarpata di erosione fluviale
- F_{TR} Torroni
- F_{CR} Valloncello a zona
- F_{TR} Valloncello a fondo piatto
- F_{VR} Settore di versante regolare caratterizzato da poche incisioni
- F_{CR} Alveo in erosione laterale
- F_{CR} Solco di ruscamento accentratore
- F_{CR} Annessa del reticolo idrografico

FORME ANTROPICHE

- A_{CA} Cava e cava abbandonata
- A_{TR} Dacata principale
- A_{CR} Strada o altro coperto
- A_{CA} Corso d'acqua parzialmente in origine artificiale
- A_{CR} Orlo di scarpata di cava

FORME DI GENESI COMPLESSA

- G_{TR} Superficie di erosione ero fluvio - denudamentale

IDROGRAFIA

- I_{AR} Alveo fluviale
- I_{RA} Specchio d'acqua
- I_{RI} Reticolo idrografico
- I_{PR} Piuma
- I_{RM} Sorgente termominerale
- I_{TR} Sorgente perenne
- I_{TR} Sorgente temporanea

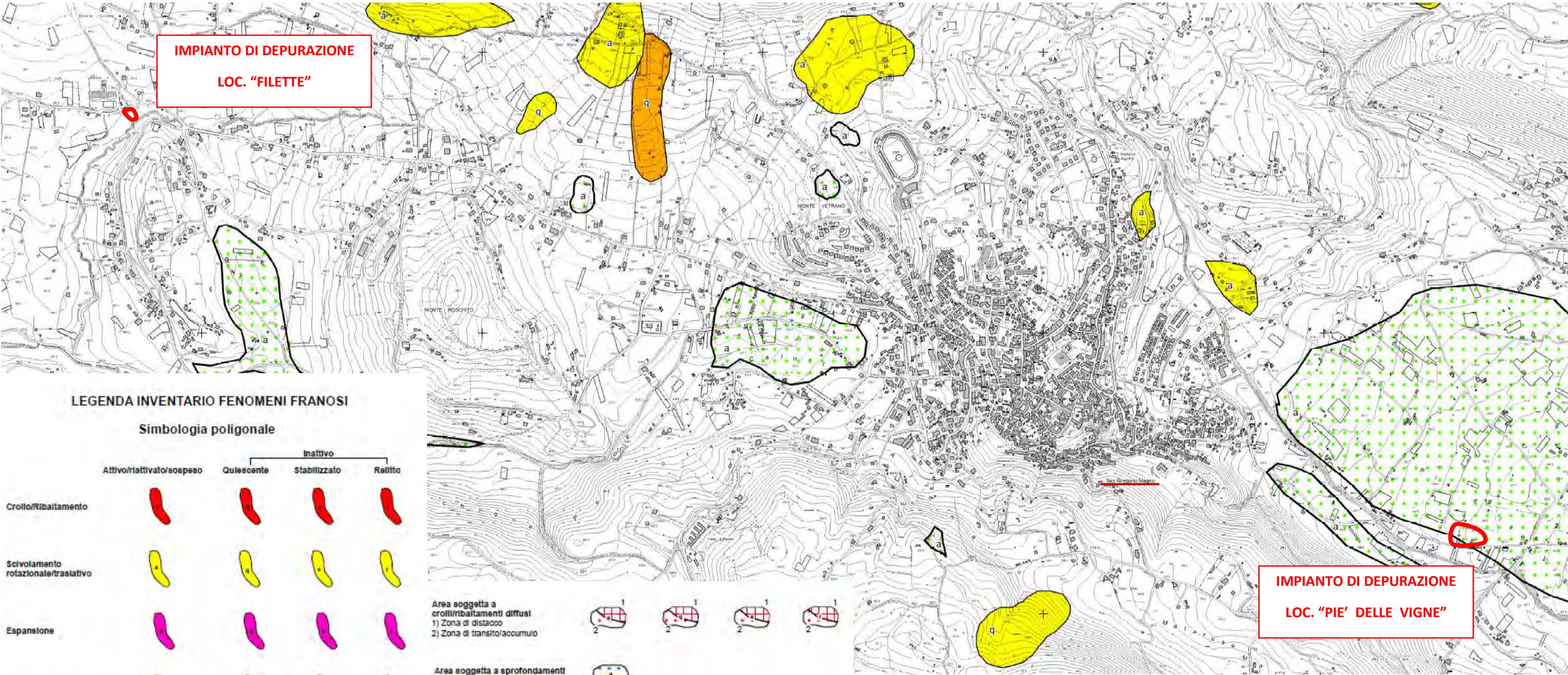
FORME CARSICHE

- C_{CR} Campo di doline
- C_{CR} Depressione carsica a controllo strutturale
- C_{CR} Karren field evoluto su versante regolare o di faglia
- C_{CR} Dolina
- C_{CR} Inghiontismo

DEFORMAZIONI GRAVITATIVE PROFONDE DI VERSANTE

- F_{TR} Versante ristretto da deformazioni profonde
- F_{TR} Contropendenza
- F_{TR} Trincea





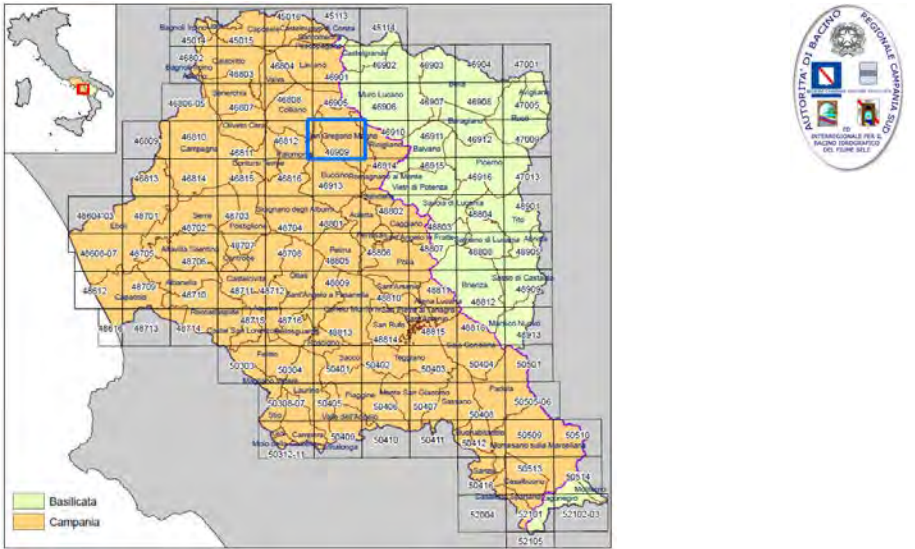
LEGENDA INVENTARIO FENOMENI FRANOSI

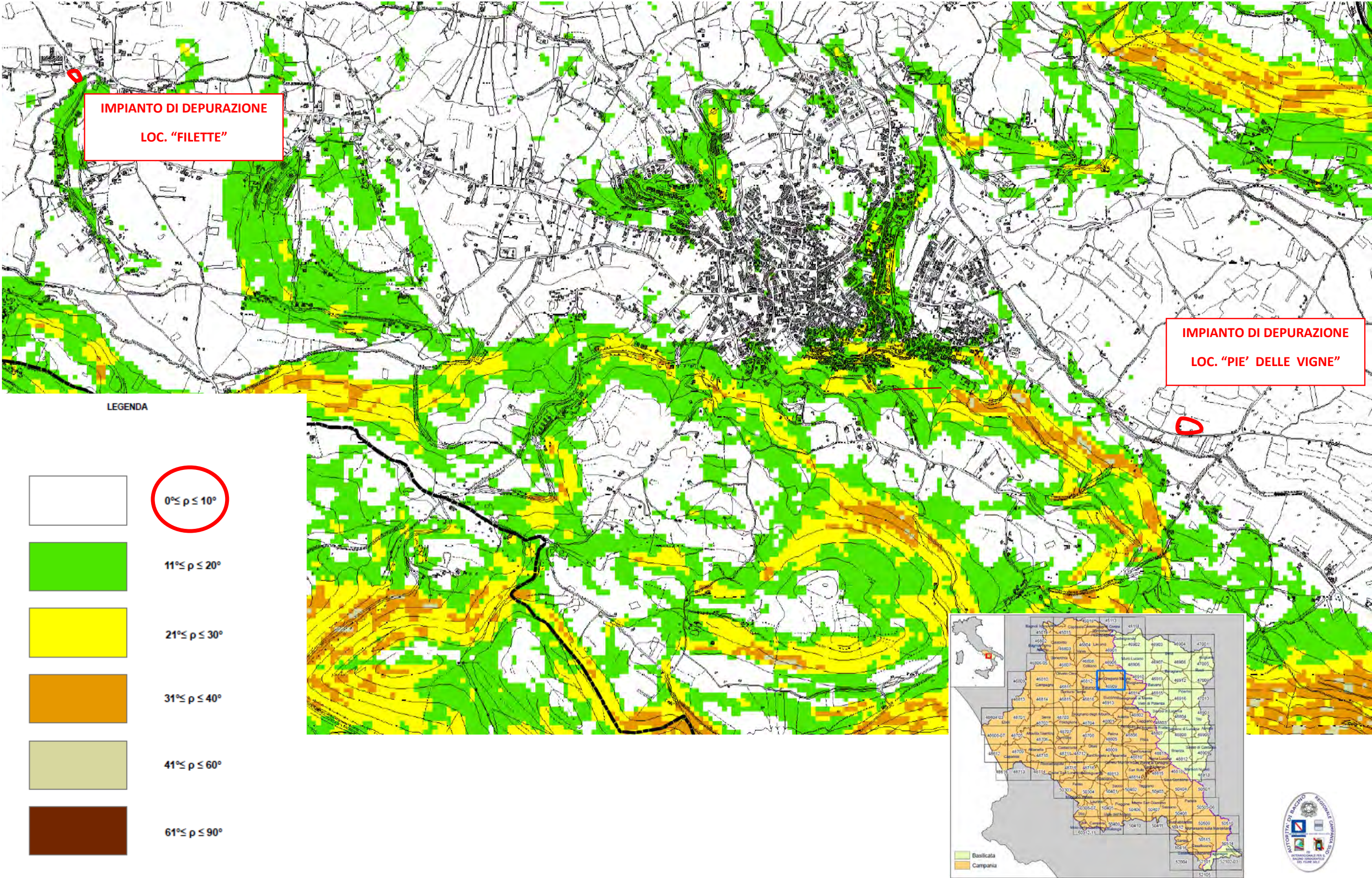
Simbologia poligonale

	Attivo/riattivato/sospeso	Quiescente	Inattivo	Relitto
Crollo/Ribaltamento				
Scivolamento rotazionale/traslativo				
Esposizione				
Colamento lento				
Colamento rapido				
Sprofondamento				
Complesso				
DGPV				

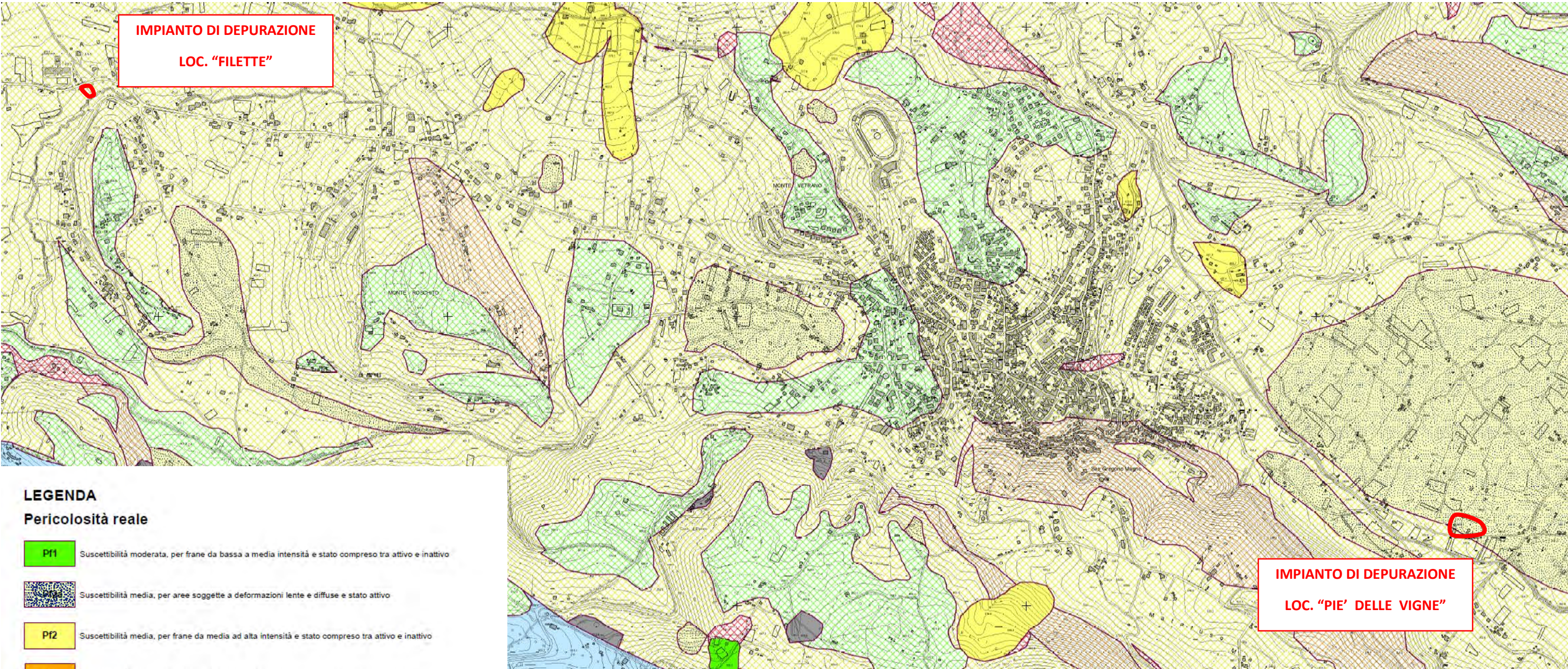
Simbologia puntuale

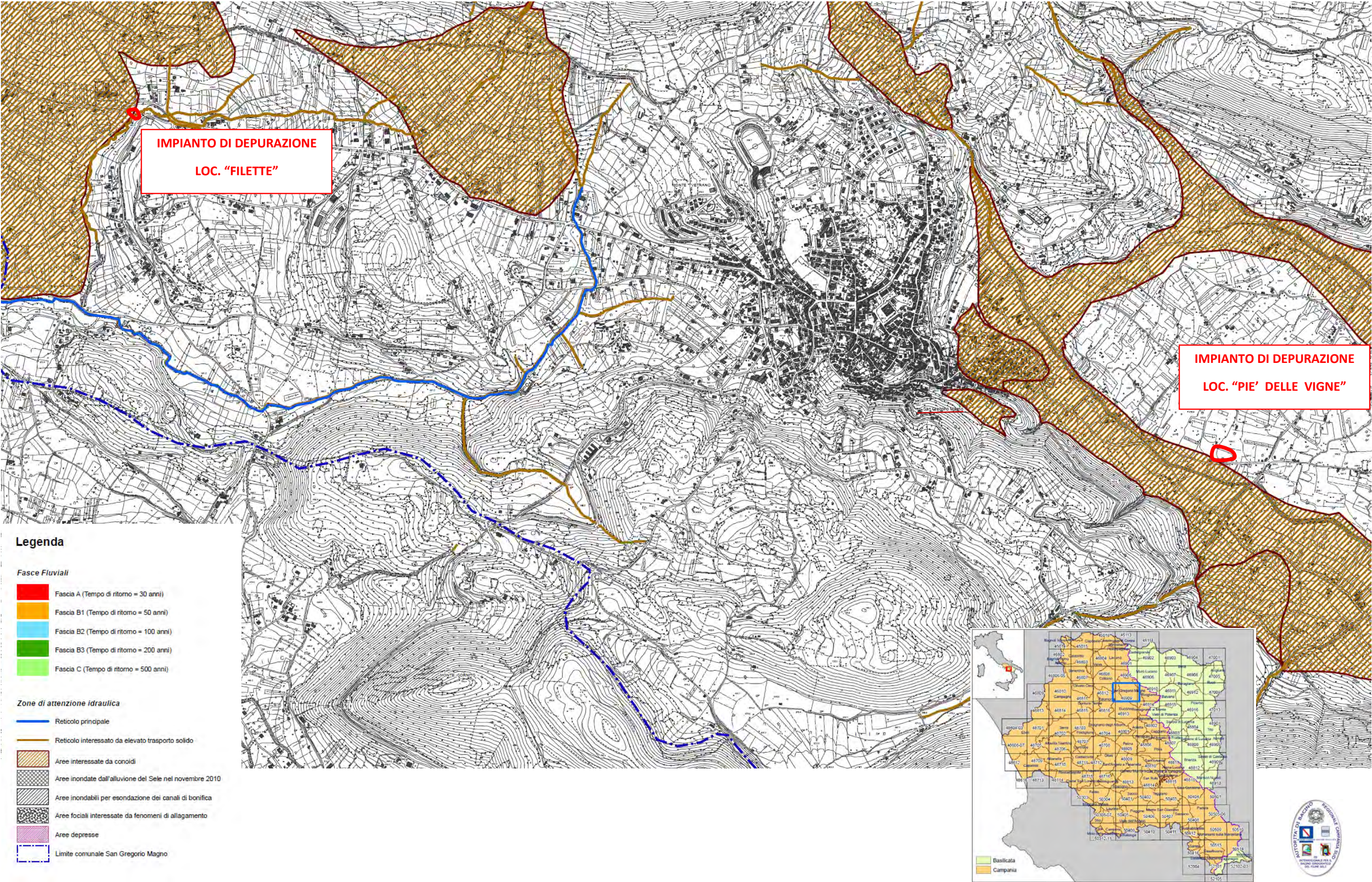
	Attivo/riattivato/sospeso	Quiescente	Inattivo	Relitto
Crollo/Ribaltamento				
Scivolamento rotazionale/traslativo				





CARTA DELLA PERICOLOSITA' DA FRANA





CARTA DI UBICAZIONE DELLE INDAGINI



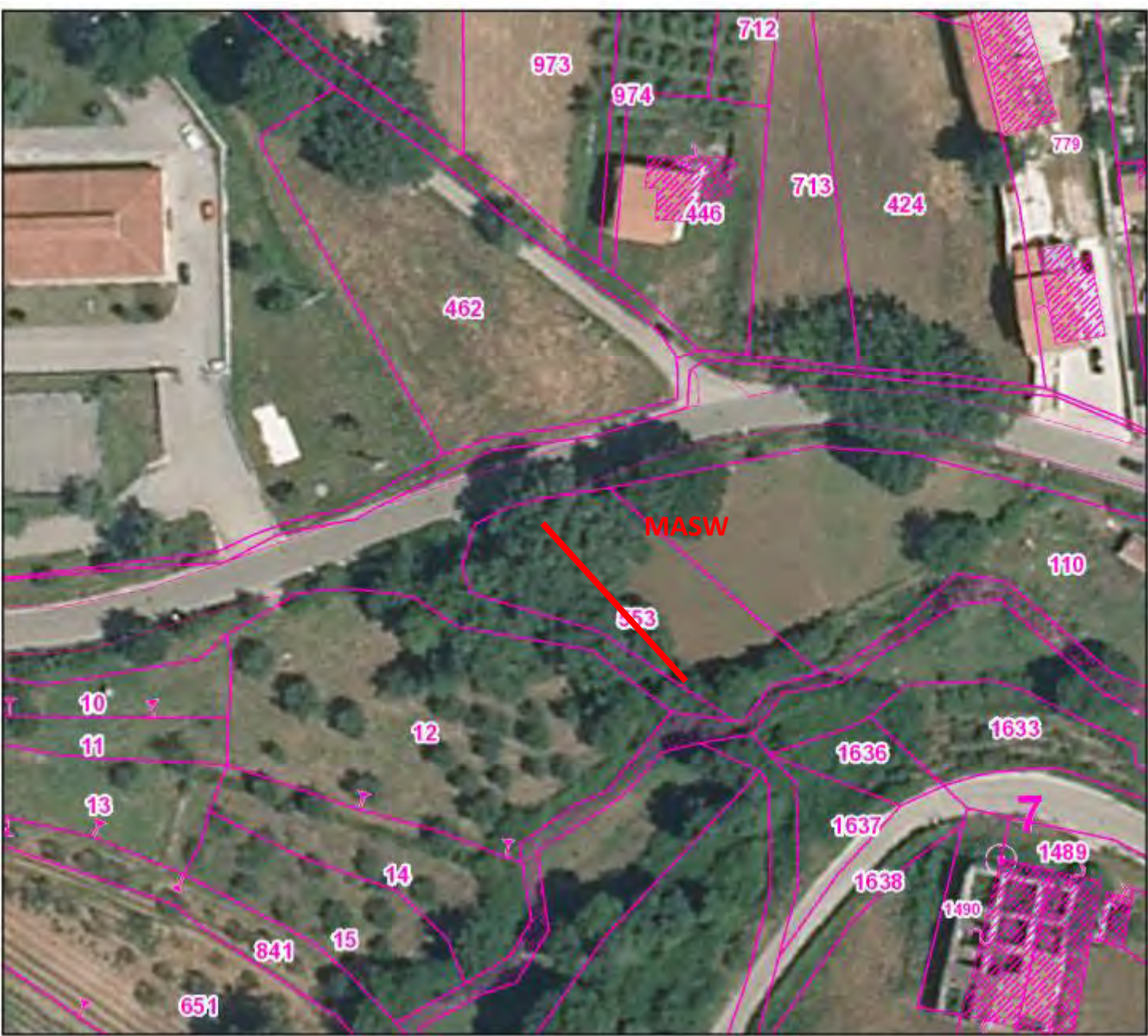
30m

1:1.000

LOCALITA' "PIE' DELLE VIGNE"

Stralcio catastale Foglio n° 36 particella n° 576 – SAN GREGORIO MAGNO

- ubicazione sondaggio S1
- ubicazione MASW Piè delle Vigne



30m

1:1.000

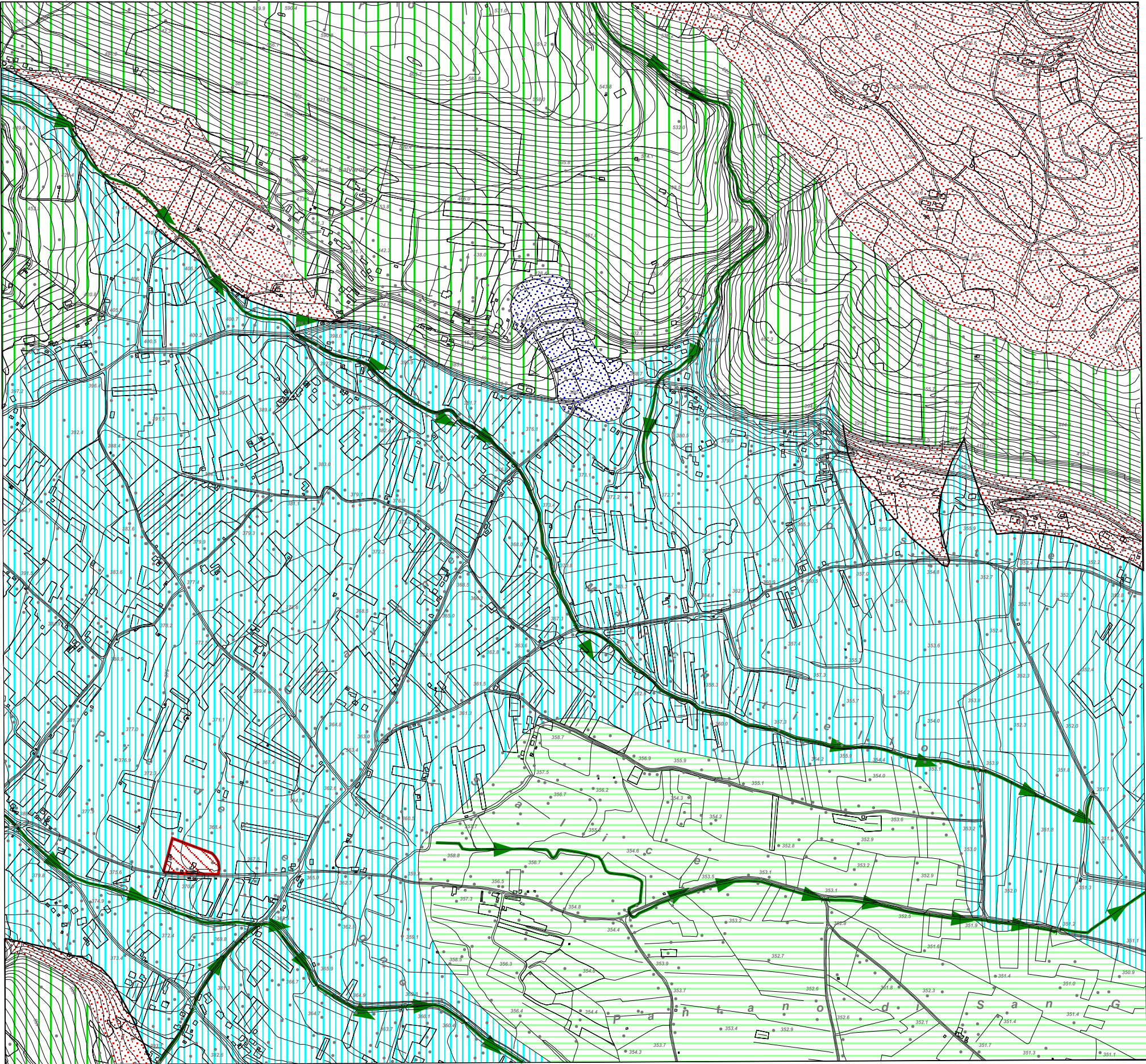
LOCALITA' "FILETTE"

Stralcio catastale Foglio n° 20– SAN GREGORIO MAGNO








- ubicazione MASW Filette

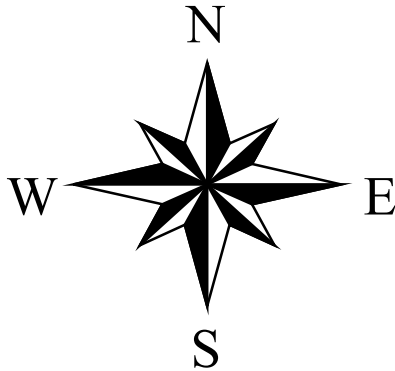
CARTA GEOLOGICA CON INDICAZIONI IDROGEOLOGICHE
LOCALITA' PIE' DELLE VIGNE

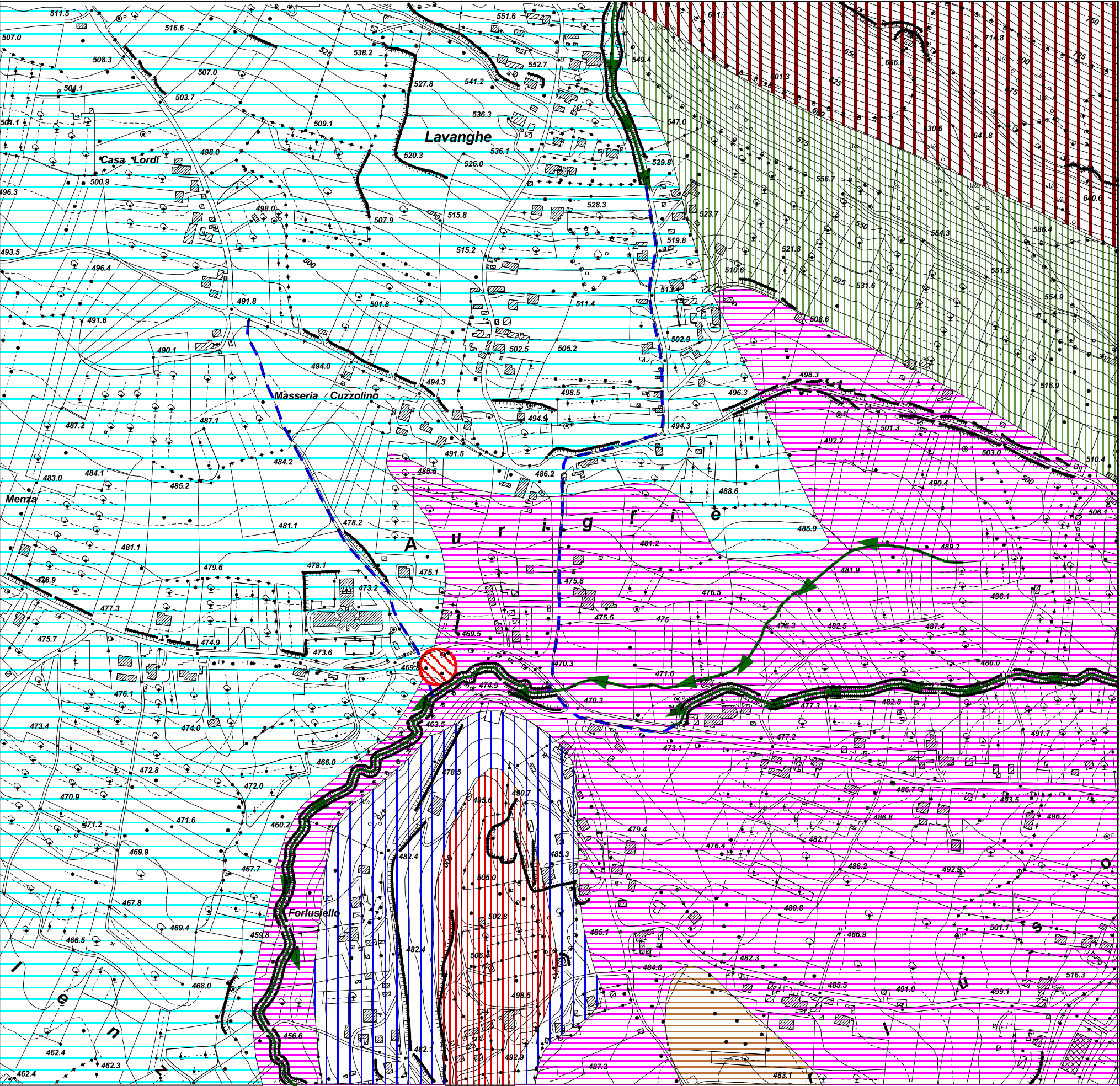
Scala 1:5.000




LEGENDA :


-  area destinata all' impianto di depurazione
PIE' DELLE VIGNE
-  Solco da ruscellamento concentrato.
Principali aste torrentizie presenti nell'area,
parzialmente canalizzate antropicamente.
-  Coltre eluvio-colluviale (Pleistocene-Olocene)
permeabilità media per porosità
-  Detrito di falda (Pleistocene-Olocene)
permeabilità media per porosità
-  Deposito lacustre (Pleistocene-Olocene)
permeabilità medio-bassa per porosità
-  Deposito alluvionale (Pleistocene-Olocene)
permeabilità medio-alta per porosità
-  Unità calcarea (Cretacico)
permeabilità medio-alta per fratturazione e carsismo





 area destinata all'impianto di depurazione
"FILETTE"


IDROGRAFIA

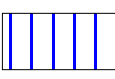
 Linee idrografiche principalmente
antropiche canalizzate

 Solco da ruscellamento concentrato


FORME FLUVIO-TORRENTIZIE


 Conoide detritico-alluvionale quiescente, reinciso.

 Glacis di accumulo

 Area di bacino caratterizzata da
reticolo idrografico gerarchizzato


FORME TETTONICO-STRUTTURALI

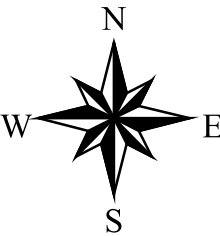
 Faccetta di scarpata tettonica

 Ripiano morfologico e crinale a debole pendenza

FORME GRAVITATIVE DI VERSANTE

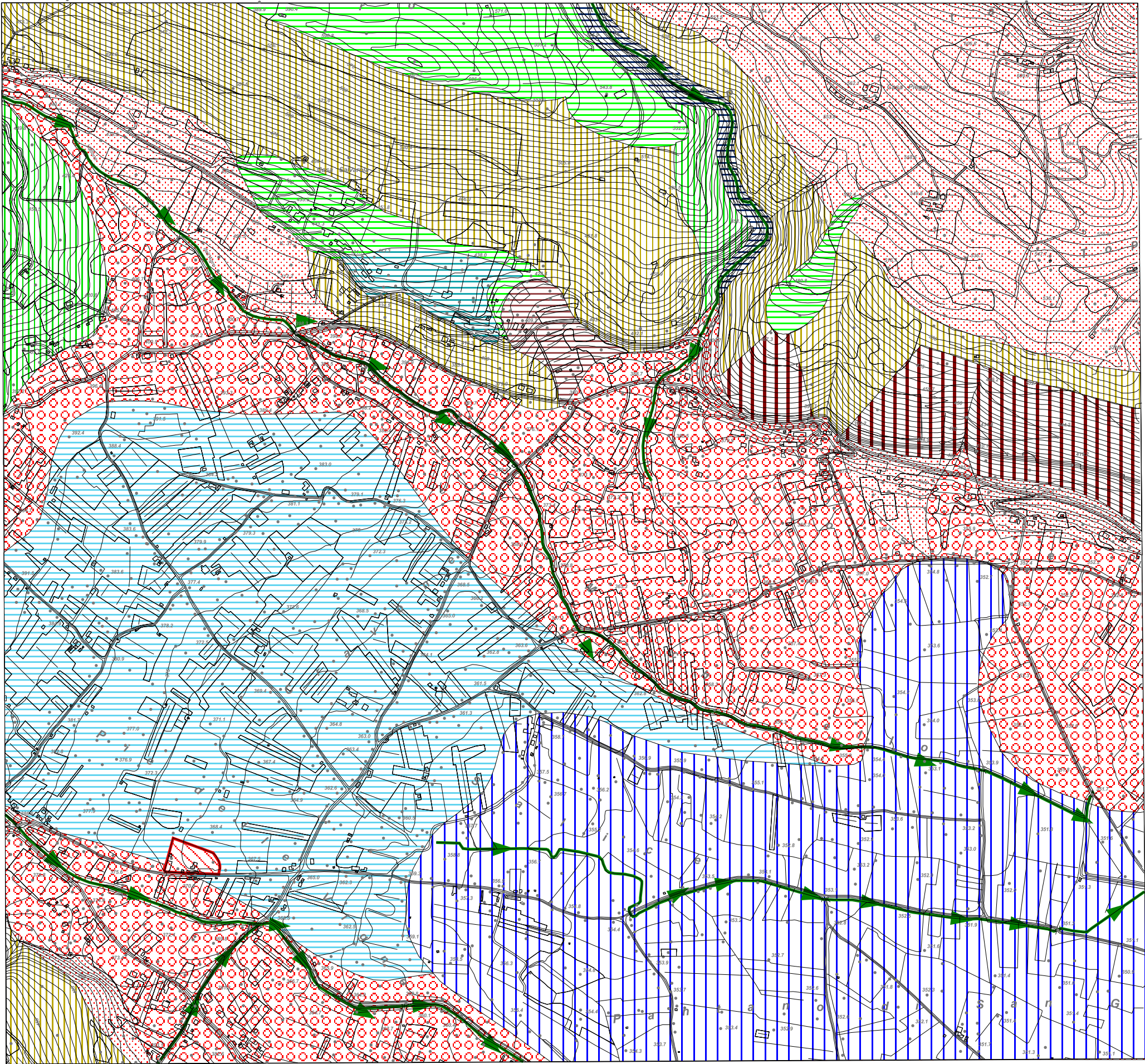
 Falda detritica

 Area interessata da deformazioni lente diffuse




CARTA GEOMORFOLOGICA
LOCALITA' PIE' DELLE VIGNE

Scala 1:5.000



LEGENDA :

 area destinata all'impianto di depurazione
PIE' DELLE VIGNE

IDROGRAFIA



Solco da ruscellamento concentrato.
Principali aste torrentizie presenti nell'area,
parzialmente canalizzate antropicamente.

FORME FLUVIO-TORRENTIZIE



Pianura alluvionale



Conoide detritico-alluvionale attivo, poco o non re-inciso



Scarpata di erosione fluviale



Settore di versante regolare caratterizzato da poche incisioni



Terrazzo



Vallecola a conca

FORME TETTONICO-STRUTTURALI



Faccetta di scarpata tettonica



Ripiano morfologico e crinale a debole pendenza



Versante di faglia

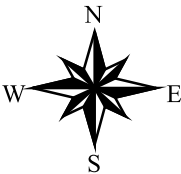
FORME GRAVITATIVE DI VERSANTE

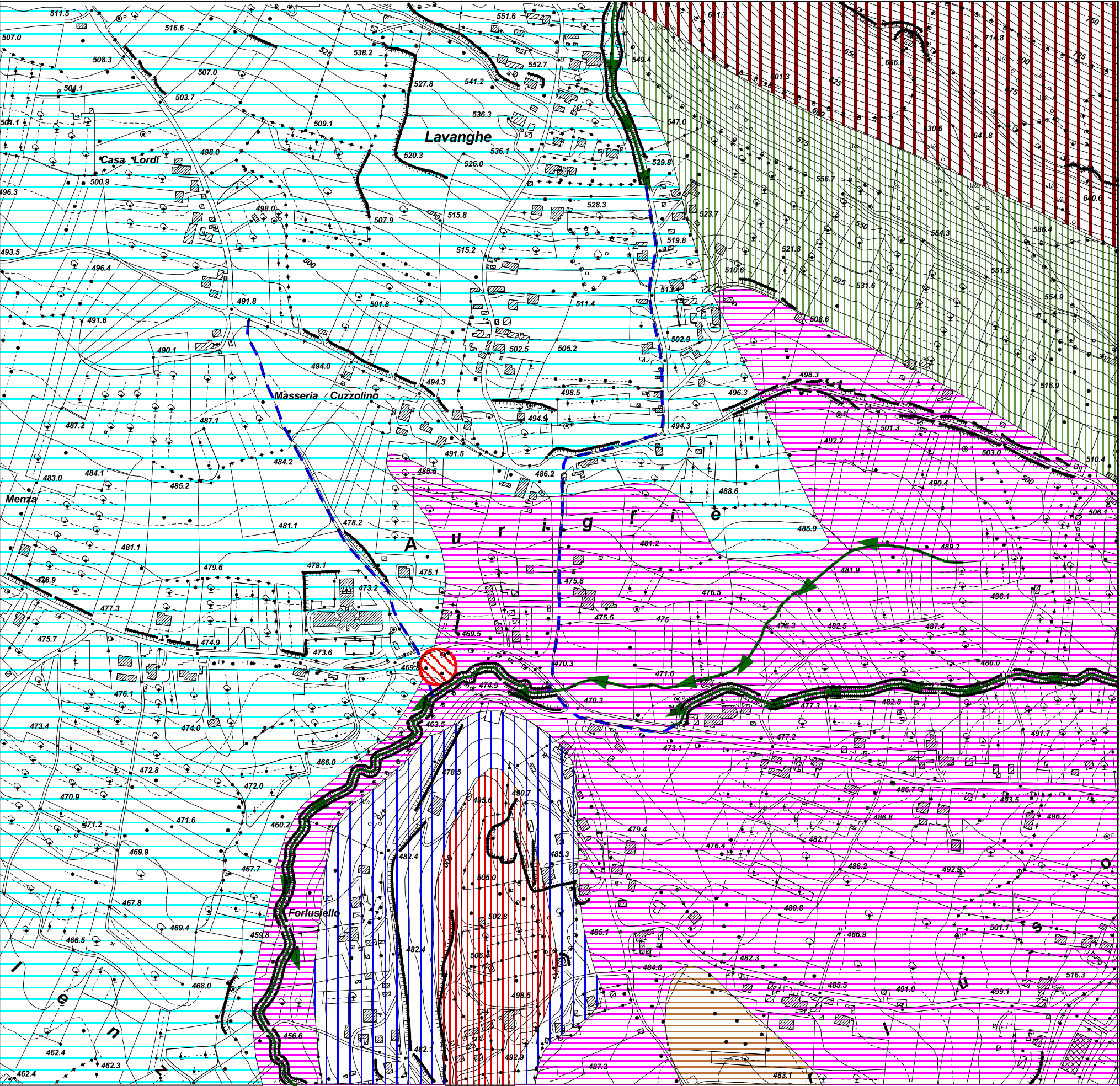



Falda detritica




Area interessata da deformazioni lente diffuse





 area destinata all'impianto di depurazione
"FILETTE"


IDROGRAFIA

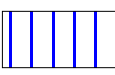
 Linee idrografiche principalmente
antropiche canalizzate

 Solco da ruscellamento concentrato


FORME FLUVIO-TORRENTIZIE


 Conoide detritico-alluvionale quiescente, reinciso.

 Glacis di accumulo

 Area di bacino caratterizzata da
reticolo idrografico gerarchizzato

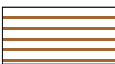
FORME TETTONICO-STRUTTURALI

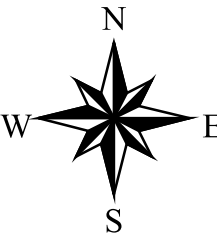
 Faccetta di scarpata tettonica

 Ripiano morfologico e crinale a debole pendenza

FORME GRAVITATIVE DI VERSANTE

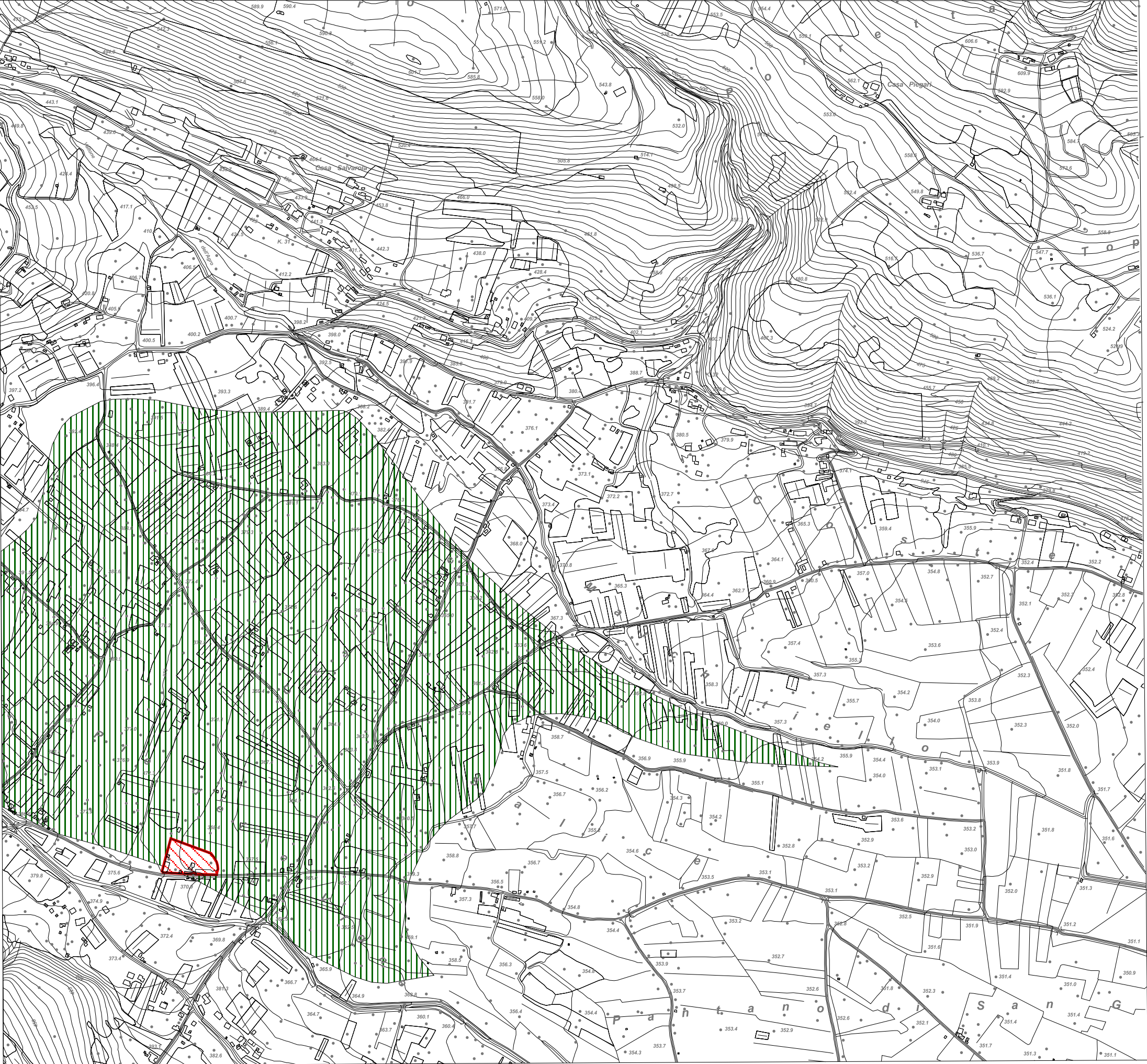
 Falda detritica

 Area interessata da deformazioni lente diffuse



CARTA INVENTARIO DEI FENOMENI FRANOSI
LOCALITA' PIE' DELLE VIGNE

Scala 1:5.000



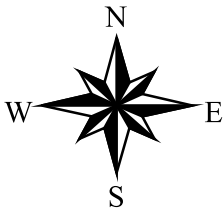
LEGENDA :



area destinata all'impianto di depurazione
PIE' DELLE VIGNE



Area soggetta a deformazioni diffuse
lente e lentissime.


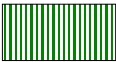


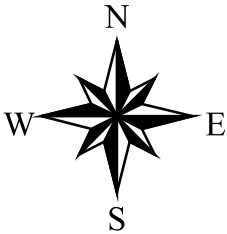
CARTA INVENTARIO DEI FENOMENI FRANOSI
LOCALITA' FILETTE

Scala 1: 3.500



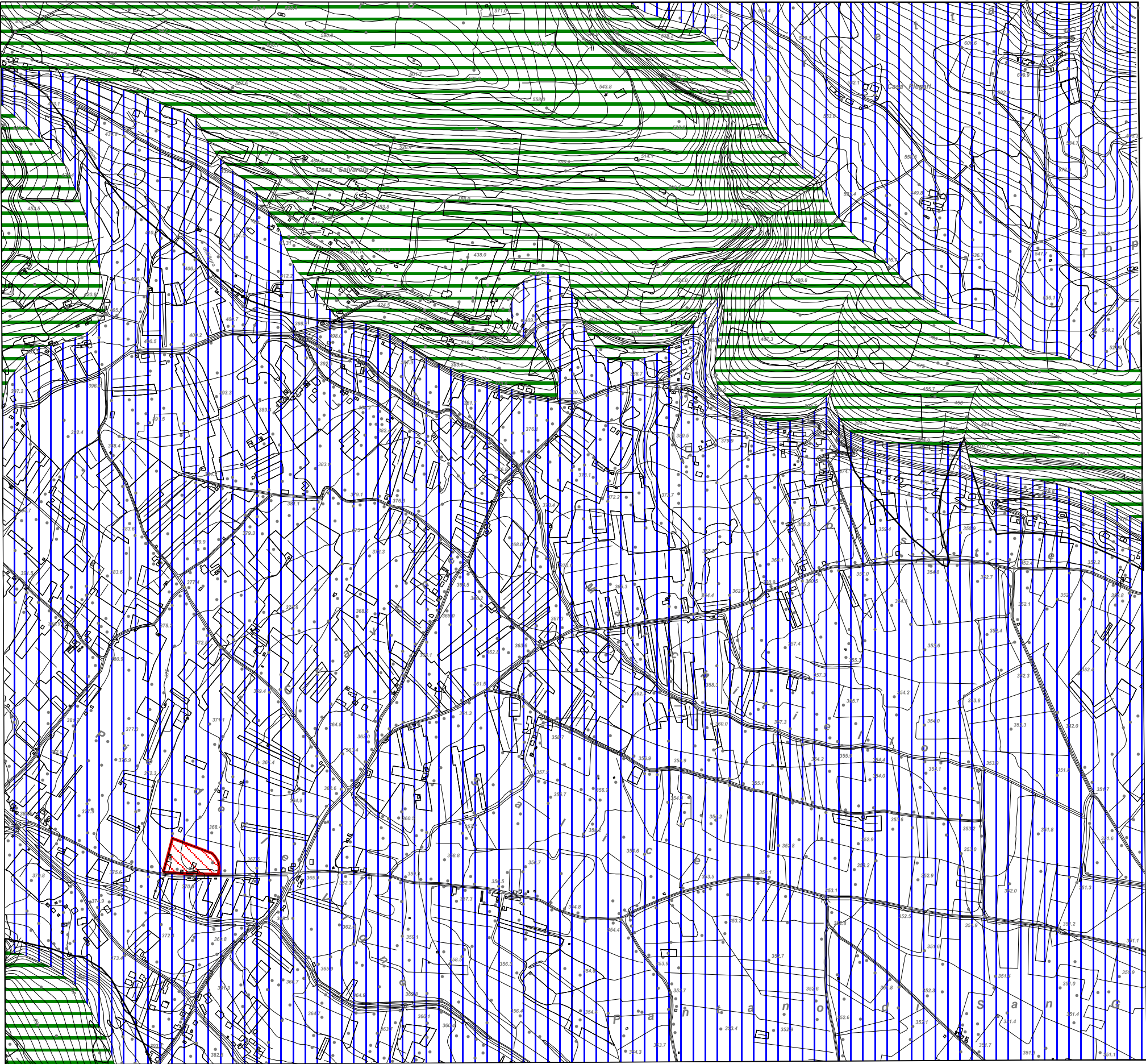
LEGENDA :

-  area destinata all'impianto di depurazione "FILETTE"
-  Area interessata da deformazioni lente diffuse



CARTA DEI DISTRETTI LITOLOGICI
LOCALITA' PIE' DELLE VIGNE

Scala 1:5.000



LEGENDA :



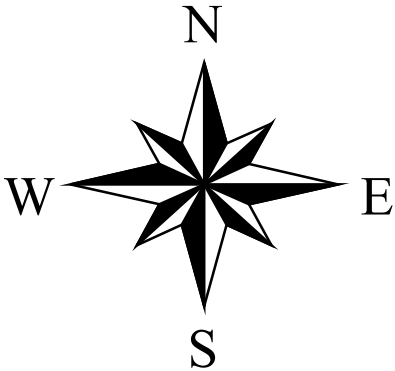
area destinata all' impianto di depurazione
PIE' DELLE VIGNE



Unità quaternarie di copertura costituite
da depositi prevalentemente sciolti.

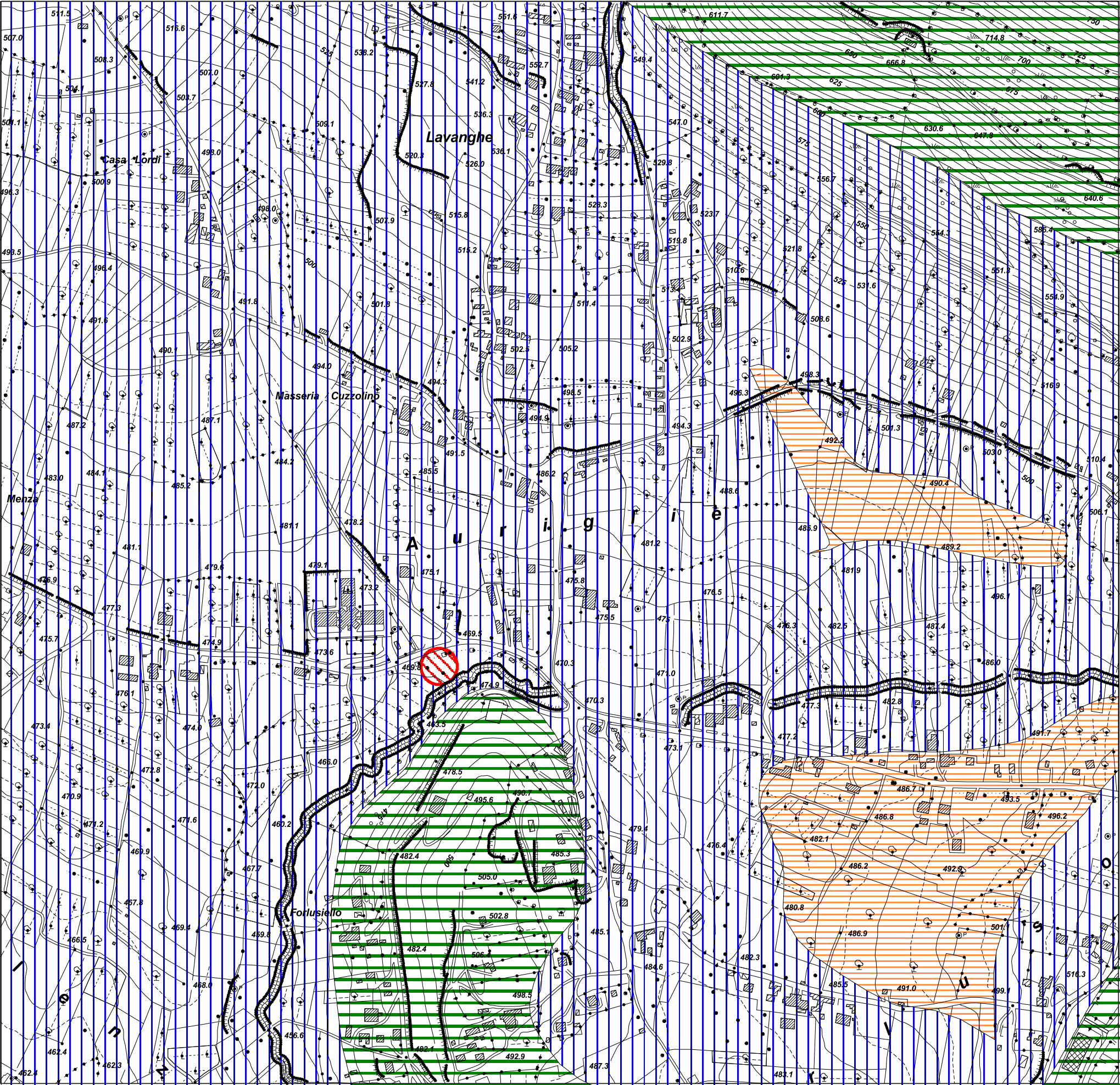


Unità calcarea.







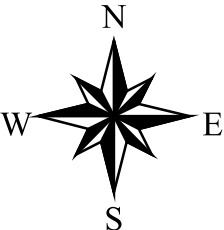
CARTA DEI DISTRETTI LITOLOGICI
LOCALITA' FILETTE

Scala 1: 3.500



LEGENDA :

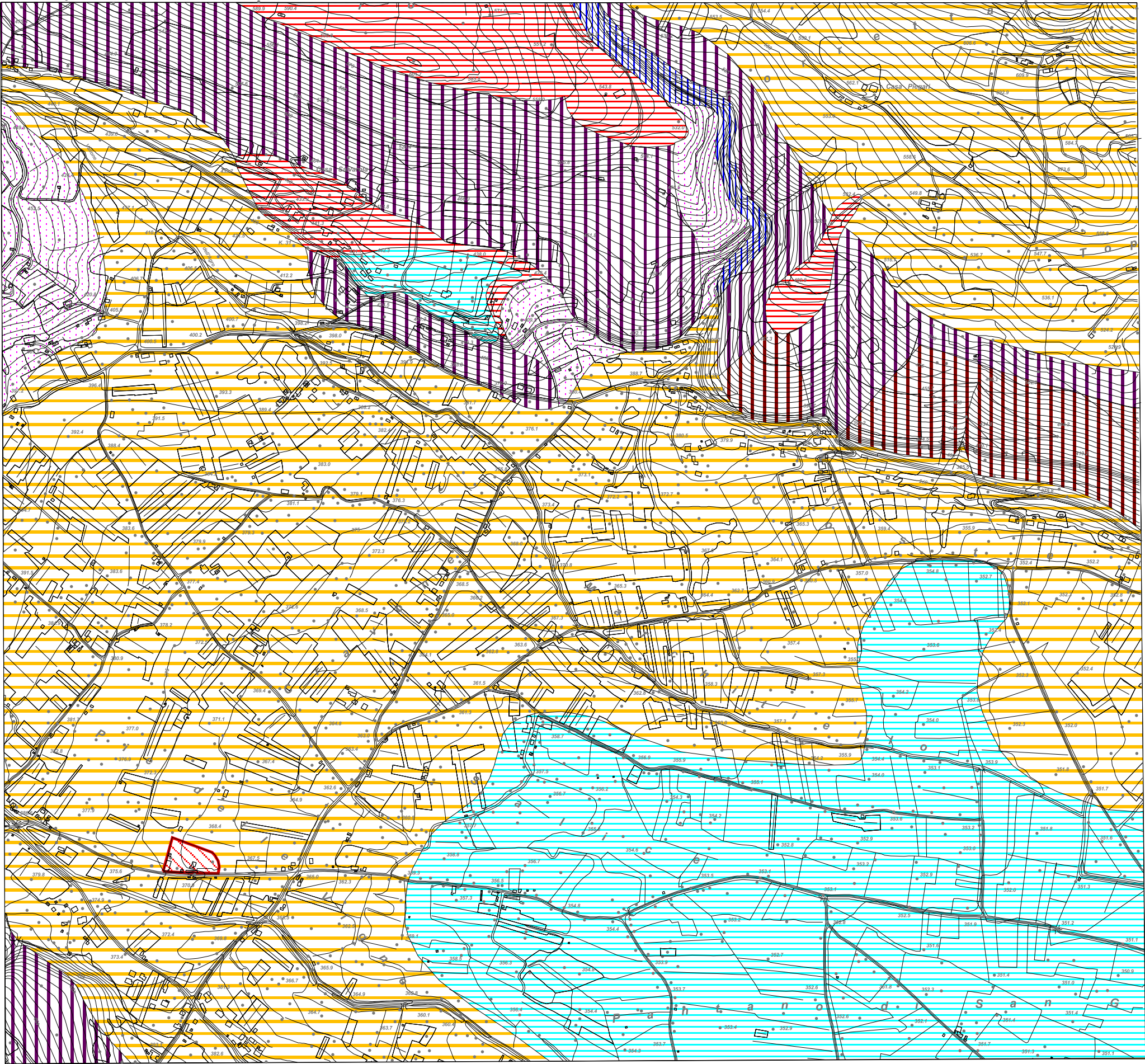
-  area destinata all'impianto di depurazione "FILETTE"
-  Unità Quaternarie di copertura, costituite da depositi prevalentemente sciolti.
-  Unità strutturalmente complesse a dominante pelitico-arenacea.
-  Unità calcareo-dolomitica


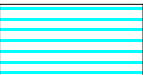

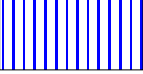


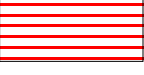


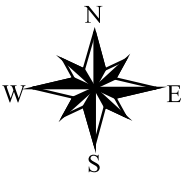
CARTA DEGLI AMBITI MORFOLOGICI
LOCALITA' PIE' DELLE VIGNE

Scala 1:5.000

LEGENDA :




-  area destinata all'impianto di depurazione
PIE' DELLE VIGNE
-  Pianura alluvionale - terrazzo fluviale
-  Falda detritica - conoide detritica -
alluvionale attivo, poco o non re-inciso
-  Scarpata di erosione fluviale
-  Settore di versante caratterizzato da poche incisioni
-  Versante di strato, versante di faglia,
faccetta di scarpata tettonica
-  Ripiani morfologici e crinali a debole pendenza




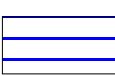
CARTA DEGLI AMBITI MORFOLOGICI
LOCALITA' FILETTE

Scala 1: 3.500

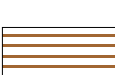
LEGENDA :

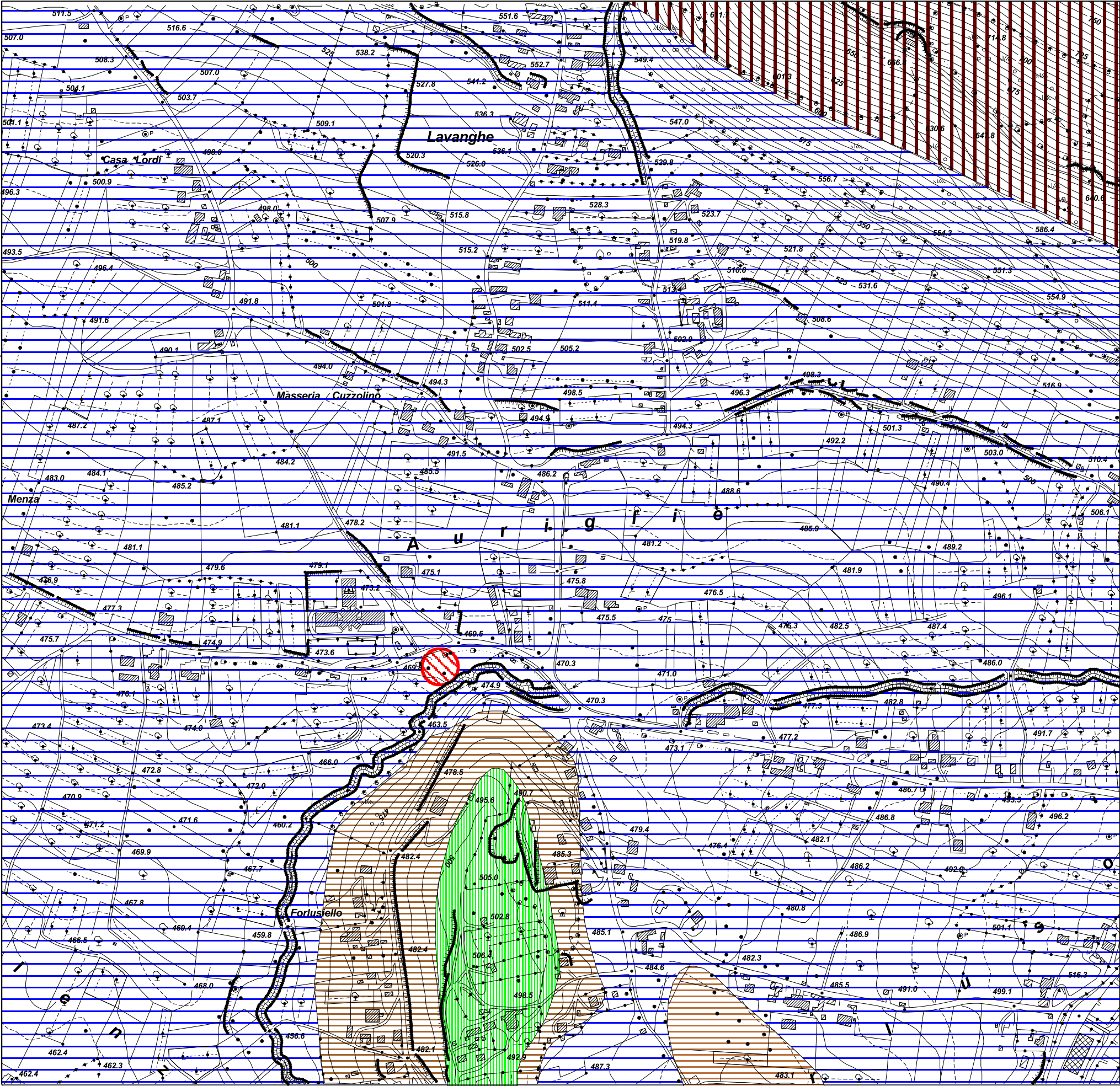
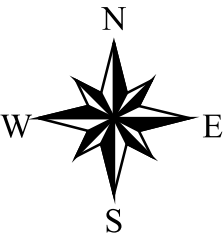
 area destinata all'impianto di depurazione
"FILETTE"

 Versante di faglia,
Faccetta di scarpata tettonica.

 Falda detritica,
Glacis di accumulo,
Conoide detritico-alluvionale attivo-quiescente.

 Ripiano morfologico

 Settore di versante regolare
caratterizzato da poche incisioni,
Concavità morfologica di versante.



PROVE IN SITO E DI LABORATORIO

RELAZIONI SISMICHE MASW

Committente Comune di San Gregorio Magno - loc. Piè delle Vigne		Cantiere Realizzazione impianto di depurazione		Sondaggio S1		Profondità raggiunta 30,00 m		
Società esecutrice Trivellazioni Cupo		Indagine Sondaggio geologico		Tipo Carotaggio meccanico continuo		Tipo Sonda rotazione		
Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	S.P.T. (n° Colp)	Campioni	Diam. Foro	Metodo Perforazione	Falda
1		Riporto antropico associato al suolo vegetale limo-argilloso con presenza di radici e depositi residuali argillosi, colore marrone e grigio, con elementi carbonatici.	1.30		<div>2.50</div> <div>S</div> <div>3.00</div>			<div>4.00</div>
2		Deposito costituito prevalentemente da argilla debolmente limosa, di colore marrone scuro, con consistenza medio-bassa.	12.50					
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14		Deposito costituito prevalentemente da argilla limosa e limo argilloso, mediamente consistente, di colore marrone medio scuro-rossiccio.	9.70					
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24		Deposito costituito prevalentemente da argilla limosa e limo argilloso, con componente carbonatica mediamente consistente, di colore marrone medio scuro-rossiccio.	1.50					
25		Deposito limo argilloso con componente carbonatica mediamente consistente, di colore nocciola.	5.00					
26								
27								
28								
29								
30								
						(101 mm) (CS)		
						30.00		30.00

Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato , Rs-Rimaneggiato da SPT
Perforazione: CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio, EC-Elica Continua
Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa
Carotaggio: meccanico continuo

Sonda: rotazione

Il geologo

Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato , Rs-Rimaneggiato da SPT
 Perforazione: CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio, EC-Elica Continua
 Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa
 Carotaggio: meccanico continuo

Sonda: rotazione

Il geologo

FOTO CASSETTE CATALOGATRICI

sondaggio n° 1 (S1)



cassetta n° 1
m. 0,00 a m. 5,00



cassetta n° 2
m. 5,00 a m. 10,00



cassetta n° 3
m. 10,00 a m. 15,00



cassetta n° 4
m. 15,00 a m. 20,00



cassetta n° 5
m. 20,00 a m. 25,00



cassetta n° 6
m. 25,00 a m. 30,00



COMMITTENTE: Comune di San Gregorio Magno (SA) RICHIEDENTE: dott. Geol. Goffredo Angelo RIF. ACCETTAZIONE: TR481 del 30/10/19
RIFERIMENTO: indagini nell'ambito della progettaz. definitiva-esecutiva dell' impianto di depurazione in loc. Piè delle Vigne - San Gregorio Magno (SA)
SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 2,50 - 3,00

MODULO RIASSUNTIVO

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	42,7	%
Peso di volume	16,9	kN/m ³
Peso di volume secco	11,8	kN/m ³
Peso di volume saturo	17,0	kN/m ³
Peso specifico	24,9	kN/m ³
Indice dei vuoti	1,106	
Porosità	52,5	%
Grado di saturazione	98,1	%
Limite di liquidità	45,6	%
Limite di plasticità	30,4	%
Indice di plasticità	15,2	%
Indice di consistenza	0,19	
Passante al set. n° 40	SI	
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00		

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	0,2	%
Sabbia	24,2	%
Limo	62,0	%
Argilla	13,6	%
D 10	0,003876	mm
D 50	0,031059	mm
D 60	0,051026	mm
D 90	0,223513	mm
Passante set. 10	99,0	%
Passante set. 42	94,5	%
Passante set. 200	75,6	%

PERMEABILITA'

Coefficiente k cm/sec

COMPRESSIONE

σ	kPa	σ Rim	kPa
c_u	kPa	c_u Rim	kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta					
c'	26,1	kPa	φ'	23,3	°
c' Res		kPa	φ' Res		°

COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	c_d	kPa	ϕ_d	°
C.U.	c'_{cu}	kPa	ϕ'_{cu}	°
	c_{cu}	kPa	ϕ_{cu}	°
U.U.	c_u	kPa	ϕ_u	°

PROVA EDOMETRICA

σ kPa	E kPa	Cv cm ² /sec	k cm/sec
25,0 ÷ 50,0	11417	---	---
50,0 ÷ 100,0	4803	---	---
100,0 ÷ 200,0	8081	---	---
200,0 ÷ 400,0	7952	---	---
400,0 ÷ 800,0	8203	---	---
800,0 ÷ 1600,0	12106	---	---

Classificazione A.G.I.: limo sabbioso e argilloso.



CERTIFICATO DI PROVA N°: TR481/A	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 14/11/19	Inizio analisi: 04/11/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: TR481 del 30/10/19		Apertura campione: 04/11/19	Fine analisi: 05/11/19
COMMITTENTE: Comune di San Gregorio Magno (SA) RICHIEDENTE: dott. Geol. Goffredo Angelo RIF. ACCETTAZIONE: TR481 del 30/10/19			
RIFERIMENTO: indagini nell'ambito della progettaz. definitiva-esecutiva dell' impianto di depurazione in loc. Piè delle Vigne - San Gregorio Magno (SA)			
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m 2,50 - 3,00	
<u>CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE</u>			
Modalità di prova: Norma ASTM D 2216			

Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale = 42,7 %

Struttura del materiale:

☒ Omogeneo

☐ Stratificato

☐ Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C



Lo Spedimentatore
Ing. Donatella Potenza

Il Direttore del Laboratorio
Ing. Pasquale Capozzoli

LABORATORIO I.P.M. s.r.l.

S.S. 19 delle Calabrie km 61+500 - 84030 Atena Lucana (SA) - Tel/Fax. 0975.374072 - Cell. 380.3125804 - 335.7165650 - 348.6909389
Codice Fiscale, Partita Iva e N° Iscr. Registro Imprese di Salerno: 006 811 107 63 - N° R.E.A. 398607 - Cap. Soc. Inter. Vers. Euro 119.000,00
www.laboratorioipm.it - info@laboratorioipm.it - laboratorioipm@pec.it - S.D.I. M5UXCR1



ISO 9001:2008
BUREAU VERITAS
Certification

N° 167291



CERTIFICATO DI PROVA N°: TR481/B	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 14/11/19	Inizio analisi: 05/11/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: TR481 del 30/10/19		Apertura campione: 04/11/19	Fine analisi: 05/11/19
COMMITTENTE: Comune di San Gregorio Magno (SA) RICHIEDENTE: dott. Geol. Goffredo Angelo RIF. ACCETTAZIONE: TR481 del 30/10/19			
RIFERIMENTO: indagini nell'ambito della progettaz. definitiva-esecutiva dell' impianto di depurazione in loc. Piè delle Vigne - San Gregorio Magno (SA)			
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m 2,50 - 3,00	
<u>PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE</u>			
Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E			

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

Peso di volume allo stato naturale = 16,9 kN/m³



Lo Sperimentatore
Ing. Donatella Potenza

Il Direttore del Laboratorio
Ing. Pasquale Capozzoli

LABORATORIO I.P.M. s.r.l.

S.S. 19 delle Calabrie km 61+500 - 84030 Atena Lucana (SA) - Tel/Fax. 0975.374072 - Cell. 380.3125804 - 335.7165650 - 348.6909389
Codice Fiscale, Partita Iva e N° Iscr. Registro Imprese di Salerno: 006 811 107 63 - N° R.E.A. 398607 - Cap. Soc. Inter. Vers. Euro 119.000,00
www.laboratorioipm.it - info@laboratorioipm.it - laboratorioipm@pec.it - S.D.I. M5UXCR1



CERTIFICATO DI PROVA N°: TR481/C	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 14/11/19	Inizio analisi: 07/11/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: TR481 del 30/10/19		Apertura campione: 04/11/19	Fine analisi: 07/11/19
COMMITTENTE: Comune di San Gregorio Magno (SA)		RICHIEDENTE: dott. Geol. Goffredo Angelo	
RIFERIMENTO: indagini nell'ambito della progettaz. definitiva-esecutiva dell' impianto di depurazione in loc. Piè delle Vigne - San Gregorio Magno (SA)		RIF. ACCETTAZIONE: TR481 del 30/10/19	
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m 2,50 - 3,00	
<u>PESO SPECIFICO DEI GRANULI</u>			
Modalità di prova: Norma ASTM D 854			

γ_s = **Peso specifico dei granuli (media delle due misure) (kN/m³) = 24,9 kN/m³**

γ_{sc} = **Peso specifico dei granuli corretto a 20° (kN/m³) = 24,9 kN/m³**

Metodo: ☐ A ☒ B

Capacità del picnometro: 100 ml

Temperatura di prova: 21,2 °C

Disaerazione eseguita per bollitura



Lo Sperimentatore
Ing. Donatella Potenza

Il Direttore del Laboratorio
Ing. Pasquale Capozzoli

LABORATORIO I.P.M. s.r.l.

S.S. 19 delle Calabrie km 61+500 - 84030 Atena Lucana (SA) - Tel/Fax. 0975.974072 - Cell. 380.3125804 - 335.7165650 - 348.6909389
Codice Fiscale, Partita Iva e N° Iscr. Registro Imprese di Salerno: 006 811 107 63 - N° R.E.A. 398607 - Cap. Soc. Inter. Vers. Euro 119.000,00
www.laboratorioipm.it - info@laboratorioipm.it - laboratorioipm@pec.it - S.D.I. M5UXCR1



CERTIFICATO DI PROVA N°: TR481/D	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 14/11/19	Inizio analisi: 07/11/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: TR481 del 30/10/19		Apertura campione: 04/11/19	Fine analisi: 08/11/19

COMMITTENTE: Comune di San Gregorio Magno (SA)	RICHIEDENTE: dott. Geol. Goffredo Angelo	RIF. ACCETTAZIONE: TR481 del 30/10/19
RIFERIMENTO: indagini nell'ambito della progettaz. definitiva-esecutiva dell' impianto di depurazione in loc. Piè delle Vigne - San Gregorio Magno (SA)		
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m 2,50 - 3,00

LIMITI DI CONSISTENZA LIQUIDO E PLASTICO

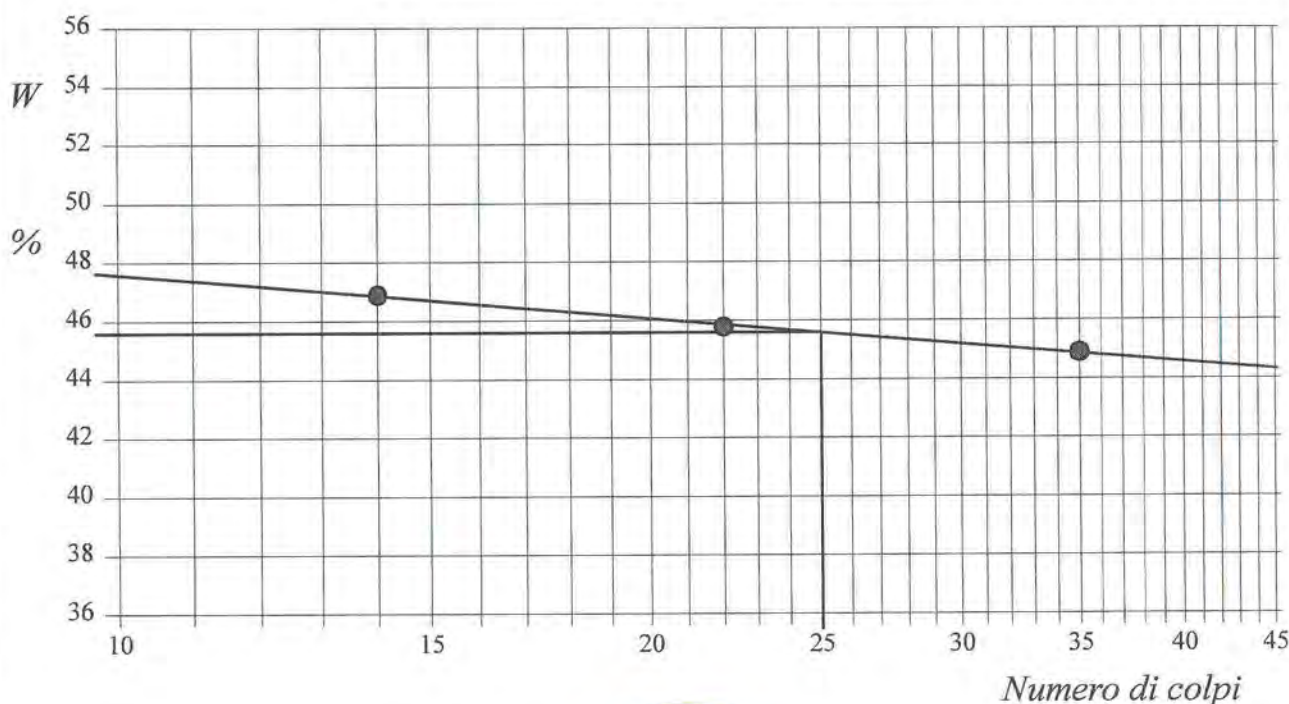
Modalità di prova: Norma ASTM D 4318

Limite di liquidità	45,6 %
Limite di plasticità	30,4 %
Indice di plasticità	15,2 %

La prova è stata eseguita sulla frazione granulometrica passante al setaccio n° 40 (0.42 mm)

LIMITE DI LIQUIDITA'					LIMITE DI PLASTICITA'		
Numero di colpi	14	22	35		Umidità (%)	30,9	29,9
Umidità (%)	46,9	45,8	44,9		Umidità media	30,4	

Determinazione del Limite di liquidità



Lo Sperimentatore
Ing. Donatella Potenza

Il Direttore del Laboratorio
Ing. Pasquale Capozzoli

LABORATORIO I.P.M. s.r.l.

S.S. 19 delle Calabrie km 61+500 - 84030 Atena Lucana (SA) - Tel/Fax. 0975.374072 - Cell. 380.3125804 - 335.7165650 - 348.6909389
Codice Fiscale, Partita Iva e N° Iscr. Registro Imprese di Salerno: 006 811 107 63 - N° R.E.A. 398607 - Cap. Soc. Inter. Vers. Euro 119.000,00
www.laboratorioipm.it - info@laboratorioipm.it - laboratorioipm@pec.it - S.D.I. M5UXCR1



CERTIFICATO DI PROVA N°: TR481/E Pagina 1/1
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: TR481 del 30/10/19

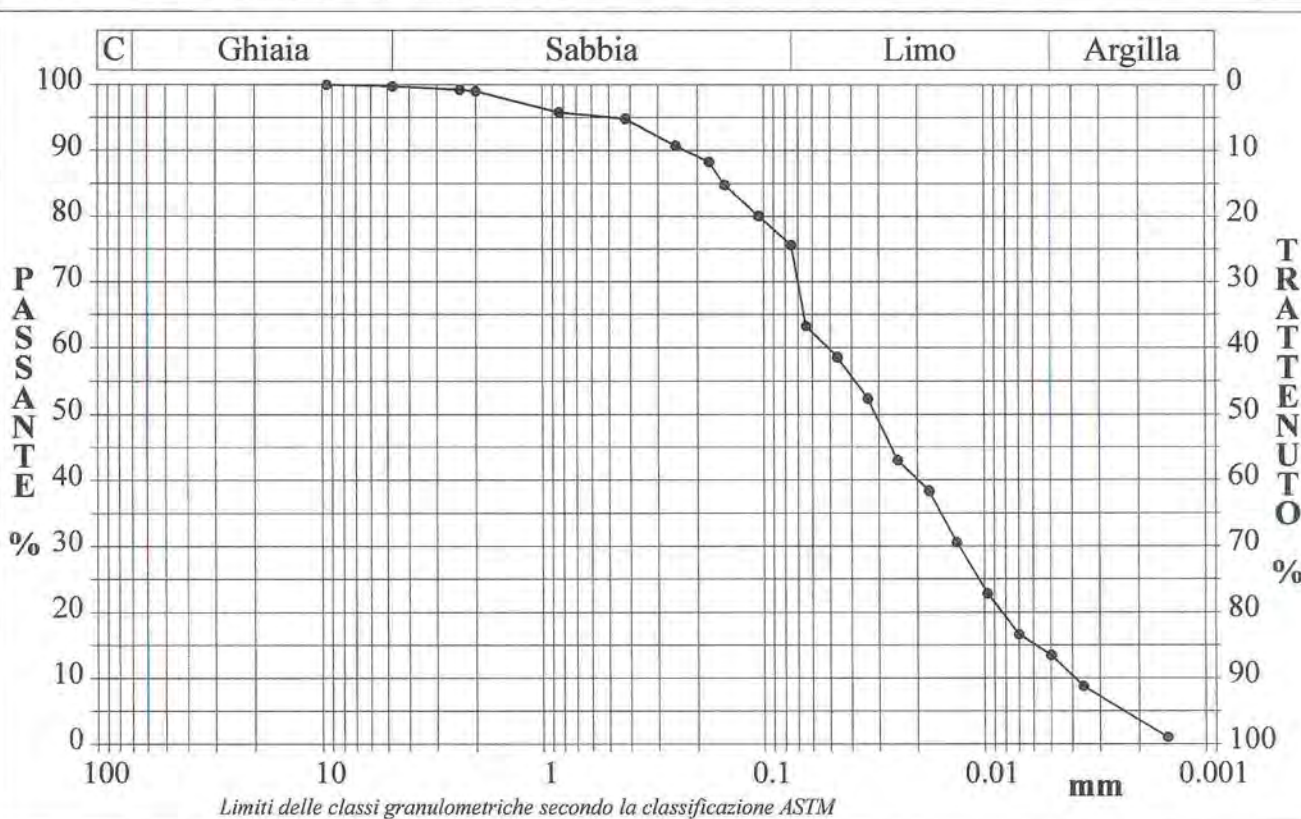
DATA DI EMISSIONE: 14/11/19 Inizio analisi: 11/11/19
Apertura campione: 04/11/19 Fine analisi: 13/11/19

COMMITTENTE: Comune di San Gregorio Magno (SA) RICHIEDENTE: dott. Geol. Goffredo Angelo RIF. ACCETTAZIONE: TR481 del 30/10/19
RIFERIMENTO: indagini nell'ambito della progettaz. definitiva-esecutiva dell' impianto di depurazione in loc. Piè delle Vigne - San Gregorio Magno (SA)
SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 2,50 - 3,00

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 422

Ghiaia	0,2 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	99,0 %	D10	0,00388 mm	
Sabbia	24,2 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	94,5 %	D30	0,01298 mm	
Limo	62,0 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	75,6 %	D50	0,03106 mm	
Argilla	13,6 %			D60	0,05103 mm	
Coefficiente di uniformità		13.16	Coefficiente di curvatura	0.85	D90	0,22351 mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
9,5200	100,00	0,4200	94,88	0,0750	75,65	0,0177	38,41	0,0036	8,84
4,7500	99,77	0,2500	90,80	0,0643	63,31	0,0133	30,63	0,0015	1,06
2,3600	99,24	0,1770	88,34	0,0464	58,64	0,0097	22,85		
2,0000	99,00	0,1500	84,78	0,0337	52,41	0,0070	16,62		
0,8410	95,81	0,1050	80,07	0,0247	43,08	0,0050	13,51		

Classificazione A.G.I.: limo sabbioso e argilloso.

Lo Sperimentatore
Ing. Donatella Potenza

Il Direttore del Laboratorio
Ing. Pasquale Capozzoli

CERTIFICATO DI PROVA N°: TR481/F Pagina 1/1
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: TR481 del 30/10/19

DATA DI EMISSIONE: 14/11/19 Inizio analisi: 04/11/19
Apertura campione: 04/11/19 Fine analisi: 13/11/19

COMMITTENTE: Comune di San Gregorio Magno (SA) RICHIEDENTE: dott. Geol. Goffredo Angelo RIF. ACCETTAZIONE: TR481 del 30/10/19
RIFERIMENTO: indagini nell'ambito della progettaz. definitiva-esecutiva dell' impianto di depurazione in loc. Piè delle Vigne - San Gregorio Magno (SA)
SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 2,50 - 3,00

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2435

Caratteristiche del campione

Peso di volume (kN/m³)	17,83
Umidità (%)	42,7
Peso specifico (kN/m³)	24,94
Altezza provino (cm)	2,00
Diametro provino (cm)	7,00
Sezione provino (cm²)	38,48
Volume provino (cm³)	76,97
Volume dei vuoti (cm³)	38,42
Indice dei vuoti	1,00
Porosità (%)	49,91
Saturazione (%)	100,0

DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTI

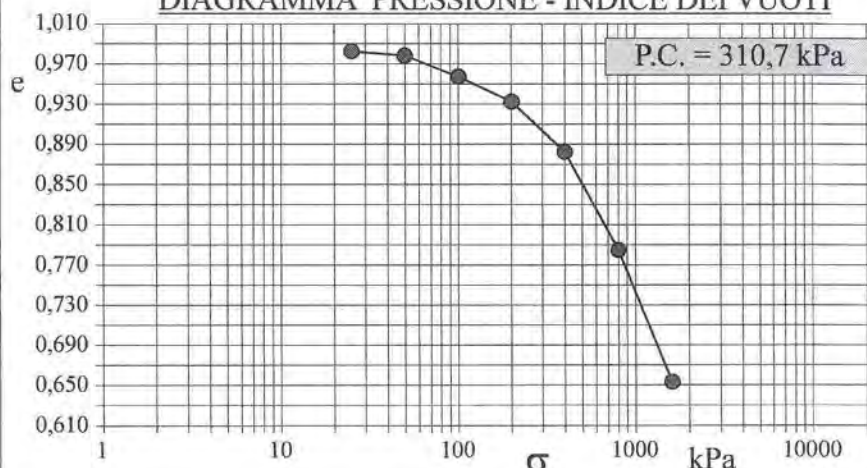
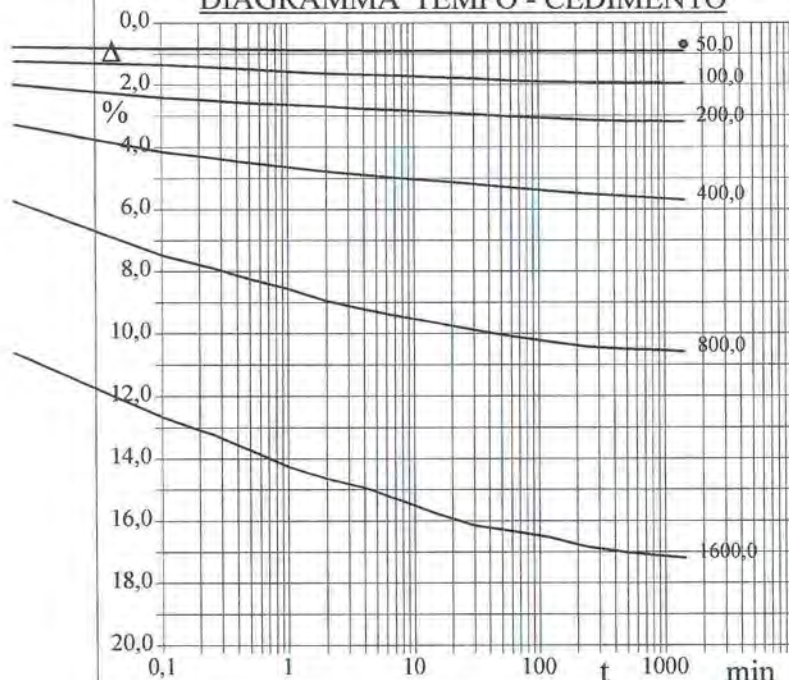
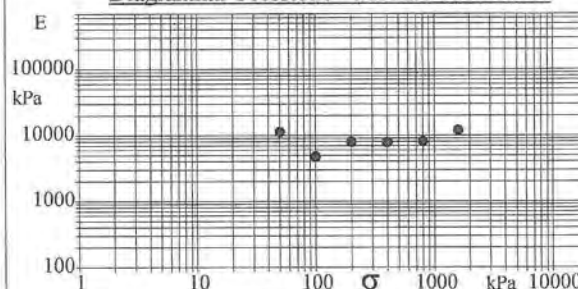


DIAGRAMMA TEMPO - CEDIMENTO



Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc	Modulo kPa	Cv cm²/sec	k cm/sec
25,0	13,7	0,983				
50,0	18,1	0,978	0,015	11417		
100,0	38,9	0,958	0,069	4803		
200,0	63,7	0,933	0,082	8081		
400,0	113,9	0,883	0,167	7952		
800,0	211,5	0,785	0,323	8203		
1600,0	343,6	0,653	0,438	12106		

Diagramma Pressione - Modulo edometrico



Lo Sperimentatore
Ing. Donatella Potenza

Il Direttore del Laboratorio
Ing. Pasquale Capozzoli

LABORATORIO I.P.M. s.r.l.

S.S. 19 delle Calabrie km 61+500 - 84030 Atena Lucana (SA) - Tel/Fax: 0975.374072 - Call: 380.3125804 - 335.7165650 - 348.6909389
Codice Fiscale, Partita Iva e N° Iscr. Registro Imprese di Salerno: 006 811 107 63 - N° R.E.A. 398607 - Cap. Soc. Inter. Vers. Euro 119.000,00
www.laboratorioipm.it - info@laboratorioipm.it - laboratorioipm@pec.it - S.D.I. M5UXCR1



CERTIFICATO DI PROVA N°: TR481/G Pagina 1/1
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: TR481 del 30/10/19

DATA DI EMISSIONE: 14/11/19 **Inizio analisi:** 05/11/19
Apertura campione: 04/11/19 **Fine analisi:** 07/11/19

COMMITTENTE: Comune di San Gregorio Magno (SA) **RICHIEDENTE:** dott. Geol. Goffredo Angelo **RIF. ACCETTAZIONE:** TR481 del 30/10/19

RIFERIMENTO: indagini nell'ambito della progettaz. definitiva-esecutiva dell' impianto di depurazione in loc. Piè delle Vigne - San Gregorio Magno (SA)

SONDAGGIO: S1 **CAMPIONE:** C1 **PROFONDITA':** m 2,50 - 3,00

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	200	400	600
Tensione a rottura (kPa):	117	193	289
Deformazione orizzontale e verticale a rottura (mm):	3,46 -0,62	3,23 -0,53	1,88 -0,32
Umidità iniziale e umidità finale (%):	42,7 32,6	42,7 38,0	42,7 41,9
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	17,0 16,5	16,5 17,6	17,2 19,5
Grado di saturazione iniziale e finale (%):	98,8 82,6	94,1 100,0	100,0 100,0

DIAGRAMMA
Tensione - Pressione verticale

Coesione: 26,1 kPa
Angolo di attrito interno: 23,3 °

Tipo di prova: Consolidata - lenta
Velocità di deformazione: 0,004 mm / min
Tempo di consolidazione (ore): 24

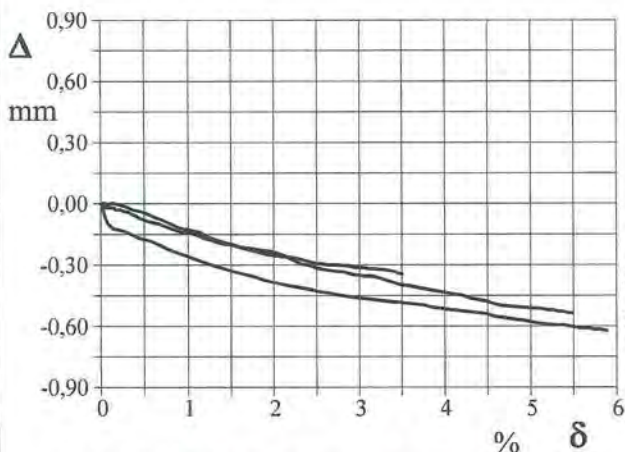
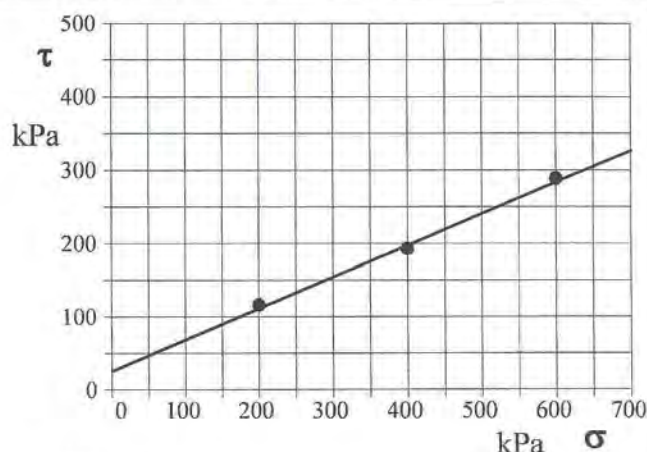


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

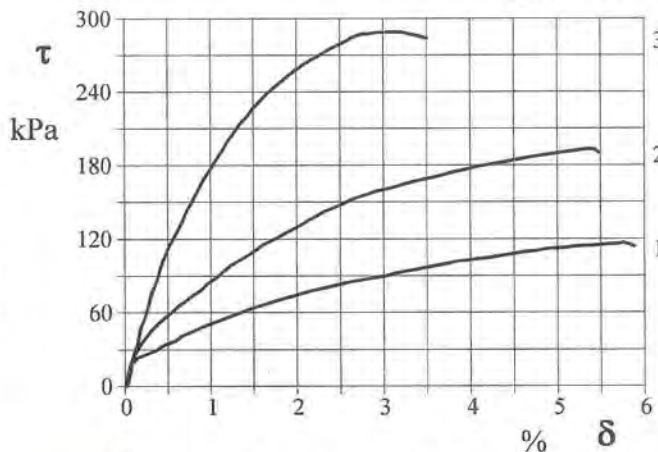


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

Lo Sperimentatore
Ing. Donatella Potenza

Il Direttore del Laboratorio
Ing. Pasquale Capozzoli

LABORATORIO I.P.M. s.r.l.

S.S. 19 delle Calabrie km 61+500 - 84030 Atena Lucana (SA) - Tel/Fax. 0975.374072 - Cell. 380.3125804 - 335.7165650 - 348.6909389
Codice Fiscale, Partita Iva e N° Iscr. Registro Imprese di Salerno: 006 811 107 63 - N° R.E.A. 398607 - Cap. Soc. Inter. Vers. Euro 119.000,00
www.laboratorioipm.it - info@laboratorioipm.it - laboratorioipm@pec.it - S.D.I. M5UXCR1



COMMITTENTE:	Comune di San Gregorio Magno (SA)	RICHIEDENTE:	dott. Geol. Goffredo Angelo	RIF. ACCETTAZIONE:	TR481 del 30/10/19
RIFERIMENTO:	indagini nell'ambito della progettaz. definitiva-esecutiva dell' impianto di depurazione in loc. Piè delle Vigne - San Gregorio Magno (SA)				
SONDAGGIO:	S1	CAMPIONE:	C2	PROFONDITA': m	14,50 - 15,00

MODULO RIASSUNTIVO

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	34,4	%
Peso di volume	18,7	kN/m ³
Peso di volume secco	13,9	kN/m ³
Peso di volume saturo	18,1	kN/m ³
Peso specifico	24,5	kN/m ³
Indice dei vuoti	0,765	
Porosità	43,3	%
Grado di saturazione	100,0	%
Limite di liquidità	48,6	%
Limite di plasticità	24,5	%
Indice di plasticità	24,1	%
Indice di consistenza	0,59	
Passante al set. n° 40	SI	
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00		

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	11,8	%
Sabbia	12,8	%
Limo	45,9	%
Argilla	29,5	%
D 10		mm
D 50	0,018478	mm
D 60	0,028064	mm
D 90	14,588770	mm
Passante set. 10	87,6	%
Passante set. 42	83,0	%
Passante set. 200	75,4	%

PERMEABILITA'

Coefficiente k	cm/sec
----------------	--------

COMPRESSIONE

σ	kPa	σ_{Rim}	kPa
c_u	kPa	$c_{u \text{ Rim}}$	kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta			
c'	29,5	kPa	ϕ' 17,7 °
c'_{Res}		kPa	ϕ'_{Res} °

COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	c_d	kPa	ϕ_d °
C.U.	c'_{cu}	kPa	ϕ'_{cu} °
	c_{cu}	kPa	ϕ_{cu} °
U.U.	c_u	kPa	ϕ_u °

PROVA EDOMETRICA

σ kPa	E kPa	Cv cm ² /sec	k cm/sec
25,0 ÷ 50,0	10060	---	---
50,0 ÷ 100,0	6254	---	---
100,0 ÷ 200,0	5757	---	---
200,0 ÷ 400,0	10217	---	---
400,0 ÷ 800,0	13950	---	---
800,0 ÷ 1600,0	23027	---	---

Classificazione A.G.I.: limo con argilla sabbioso e ghiaioso.



CERTIFICATO DI PROVA N°: TR481/AA	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 14/11/19	Inizio analisi: 04/11/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: TR481 del 30/10/19		Apertura campione: 04/11/19	Fine analisi: 05/11/19
COMMITTENTE: Comune di San Gregorio Magno (SA) RICHIEDENTE: dott. Geol. Goffredo Angelo RIF. ACCETTAZIONE: TR481 del 30/10/19			
RIFERIMENTO: indagini nell'ambito della progettaz. definitiva-esecutiva dell' impianto di depurazione in loc. Piè delle Vigne - San Gregorio Magno (SA)			
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C2	PROFONDITA': m 14,50 - 15,00	
<u>CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE</u>			
Modalità di prova: Norma ASTM D 2216			

W_n = contenuto d'acqua allo stato naturale = 34,4 %

Struttura del materiale:

- ☒ Omogeneo
☐ Stratificato
☐ Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C



Lo Sperimentatore
Ing. Donatella Potenza

Il Direttore del Laboratorio
Ing. Pasquale Capozzoli

LABORATORIO I.P.M. s.r.l.

S.S. 19 delle Calabrie km 61+500 - 84030 Atena Lucana (SA) - Tel/Fax. 0975.374072 - Cell. 380.3125804 - 335.7165650 - 348.6909389
 Codice Fiscale, Partita Iva e N° Iscr. Registro Imprese di Salerno: 006 811 107 63 - N° R.E.A. 398607 - Cap. Soc. Inter. Vers. Euro 119.000,00
 www.laboratorioipm.it - info@laboratorioipm.it - laboratorioipm@pec.it - S.D.I. M5UXCR1



CERTIFICATO DI PROVA N°: TR481/BB	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 14/11/19	Inizio analisi: 07/11/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: TR481 del 30/10/19		Apertura campione: 04/11/19	Fine analisi: 07/11/19
COMMITTENTE: Comune di San Gregorio Magno (SA) RICHIEDENTE: dott. Geol. Goffredo Angelo RIF. ACCETTAZIONE: TR481 del 30/10/19			
RIFERIMENTO: indagini nell'ambito della progettaz. definitiva-esecutiva dell' impianto di depurazione in loc. Piè delle Vigne - San Gregorio Magno (SA)			
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C2	PROFONDITA': m 14,50 - 15,00	
<u>PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE</u>			
Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E			

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

Peso di volume allo stato naturale = 18,7 kN/m³



Lo Sperimentatore
Ing. Donatella Potenza

Il Direttore del Laboratorio
Ing. Pasquale Capozzoli

LABORATORIO I.P.M. s.r.l.

S.S. 19 delle Calabrie km 61+500 - 84030 Atena Lucana (SA) - Tel/Fax. 0975.374072 - Cell. 380.3125804 - 335.7165650 - 348.6909389
Codice Fiscale, Partita Iva e N° Iscr. Registro Imprese di Salerno: 006 811 107 63 - N° R.E.A. 398607 - Cap. Soc. Inter. Vers. Euro 119.000,00
www.laboratorioipm.it - info@laboratorioipm.it - laboratorioipm@pec.it - S.D.I. M5UXCR1



CERTIFICATO DI PROVA N°: TR481/CC	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 14/11/19	Inizio analisi: 07/11/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: TR481 del 30/10/19		Apertura campione: 04/11/19	Fine analisi: 07/11/19
COMMITTENTE: Comune di San Gregorio Magno (SA) RICHIEDENTE: dott. Geol. Goffredo Angelo RIF. ACCETTAZIONE: TR481 del 30/10/19			
RIFERIMENTO: indagini nell'ambito della progettaz. definitiva-esecutiva dell' impianto di depurazione in loc. Piè delle Vigne - San Gregorio Magno (SA)			
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C2	PROFONDITA': m 14,50 - 15,00	
<u>PESO SPECIFICO DEI GRANULI</u>			
Modalità di prova: Norma ASTM D 854			

γ_s = **Peso specifico dei granuli (media delle due misure) (kN/m³) = 24,5 kN/m³**

γ_{sc} = **Peso specifico dei granuli corretto a 20° (kN/m³) = 24,5 kN/m³**

Metodo: ☐ A ☒ B

Capacità del picnometro: 100 ml

Temperatura di prova: 21,2 °C

Disaerazione eseguita per bollitura



Lo Spedimentatore
Ing. Donatella Potenza

Il Direttore del Laboratorio
Ing. Pasquale Capozzoli

LABORATORIO I.P.M. s.r.l.

S.S. 19 delle Calabrie km 61+500 - 84030 Atena Lucana (SA) - Tel/Fax: 0975.374072 - Cell. 380.3125804 - 335.7165650 - 348.6909389
Codice Fiscale, Partita Iva e N° Iscr. Registro Imprese di Salerno: 006 811 107 63 - N° R.E.A. 398607 - Cap. Soc. Inter. Vers. Euro 119.000,00
www.laboratorioipm.it - info@laboratorioipm.it - laboratorioipm@pec.it - S.D.I. M5UXCR1



N° 167291

CERTIFICATO DI PROVA N°: TR481/DD	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 14/11/19	Inizio analisi: 07/11/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: TR481 del 30/10/19		Apertura campione: 04/11/19	Fine analisi: 08/11/19

COMMITTENTE: Comune di San Gregorio Magno (SA)	RICHIEDENTE: dott. Geol. Goffredo Angelo	RIF. ACCETTAZIONE: TR481 del 30/10/19
RIFERIMENTO: indagini nell'ambito della progettaz. definitiva-esecutiva dell' impianto di depurazione in loc. Piè delle Vigne - San Gregorio Magno (SA)		
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C2	PROFONDITA': m 14,50 - 15,00

LIMITI DI CONSISTENZA LIQUIDO E PLASTICO

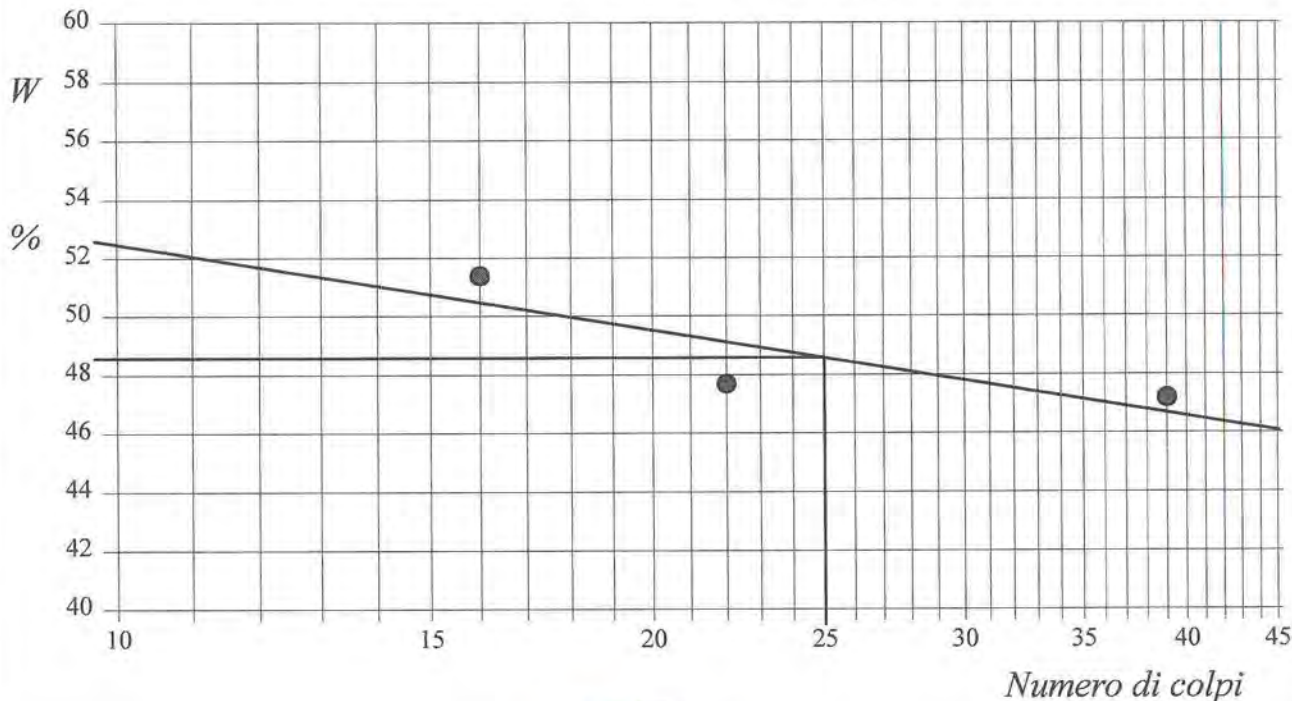
Modalità di prova: Norma ASTM D 4318

Limite di liquidità	48,6 %
Limite di plasticità	24,5 %
Indice di plasticità	24,1 %

La prova è stata eseguita sulla frazione granulometrica passante al setaccio n° 40 (0.42 mm)

LIMITE DI LIQUIDITA'					LIMITE DI PLASTICITA'		
Numero di colpi	16	22	39		Umidità (%)	25,0	24,0
Umidità (%)	51,4	47,7	47,2		Umidità media	24,5	

Determinazione del Limite di liquidità



Lo **Sperimentatore**
Ing. Donatella Potenza

Il **Direttore del Laboratorio**
Ing. Pasquale Capozzoli

LABORATORIO I.P.M. s.r.l.

S.S. 19 delle Calabrie km 61+500 - 84030 Atena Lucana (SA) - Tel/Fax. 0975.374072 - Cell. 380.3125804 - 335.7165650 - 348.6909389
Codice Fiscale, Partita Iva e N° Iscr. Registro Imprese di Salerno: 006 811 107 63 - N° R.E.A. 398607 - Cap. Soc. Inter. Vers. Euro 119.000,00
www.laboratorioipm.it - info@laboratorioipm.it - laboratorioipm@pec.it - S.D.I. M5UXCR1



CERTIFICATO DI PROVA N°: TR481/EE Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: TR481 del 30/10/19

DATA DI EMISSIONE: 14/11/19 Inizio analisi: 11/11/19

Apertura campione: 04/11/19 Fine analisi: 13/11/19

COMMITTENTE: Comune di San Gregorio Magno (SA) RICHIEDENTE: dott. Geol. Goffredo Angelo RIF. ACCETTAZIONE: TR481 del 30/10/19

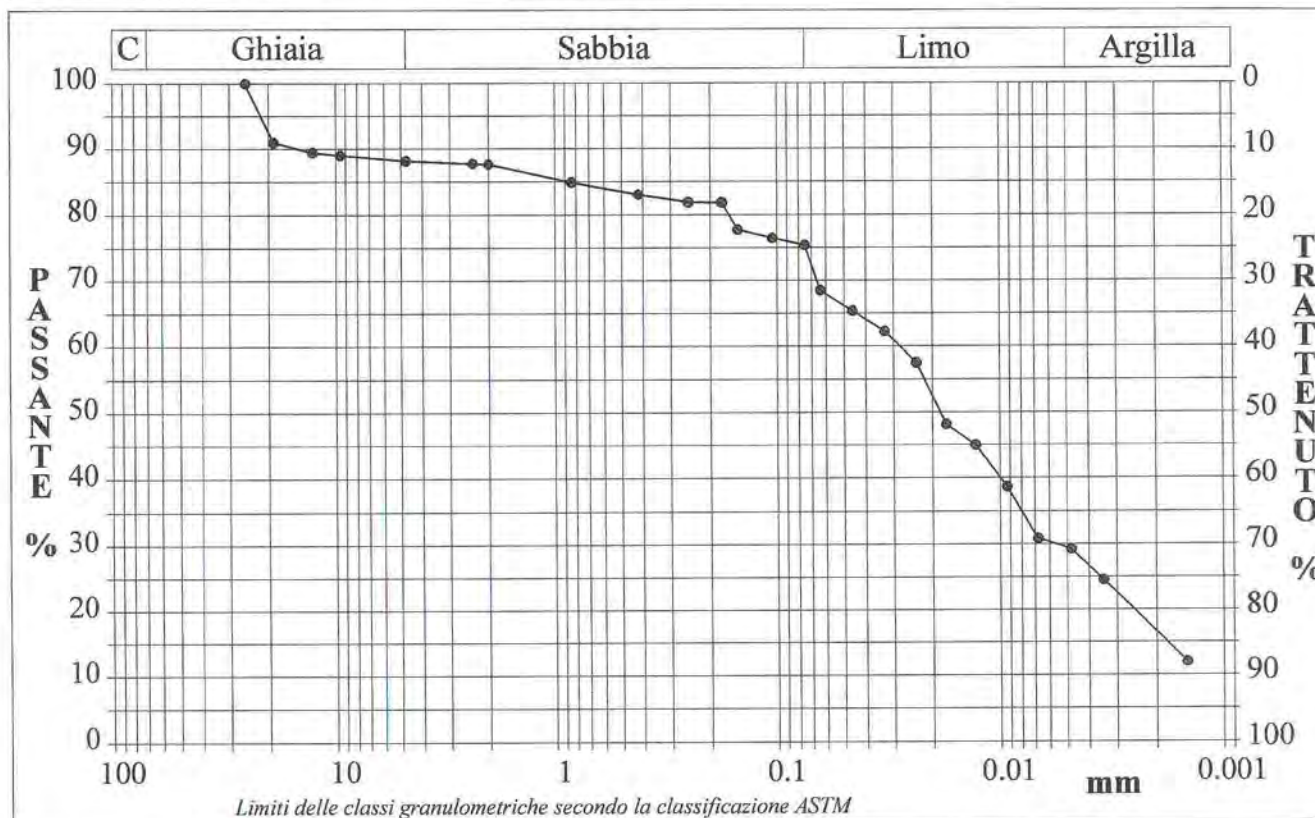
RIFERIMENTO: indagini nell'ambito della progettaz. definitiva-esecutiva dell' impianto di depurazione in loc. Piè delle Vigne - San Gregorio Magno (SA)

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C2 PROFONDITA': m 14,50 - 15,00

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 422

Ghiaia	11,8 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	87,6 %	D10	---	mm
Sabbia	12,8 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	83,0 %	D30	0,00558	mm
Limo	45,9 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	75,4 %	D50	0,01848	mm
Argilla	29,5 %			D60	0,02806	mm
Coefficiente di uniformità		---	Coefficiente di curvatura	---	D90	14,58877 mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
25,4000	100,00	2,3600	87,76	0,1770	81,84	0,0458	65,40	0,0093	38,72
19,0000	90,99	2,0000	87,65	0,1500	77,76	0,0328	62,26	0,0068	30,88
12,7000	89,48	0,8410	84,91	0,1050	76,46	0,0237	57,55	0,0048	29,31
9,5200	89,02	0,4200	83,08	0,0750	75,40	0,0174	48,14	0,0034	24,60
4,7500	88,21	0,2500	81,91	0,0639	68,54	0,0128	45,00	0,0015	12,05

Classificazione A.G.I.: limo con argilla sabbioso e ghiaioso.

Lo Sperimentatore
Ing. Donatella Potenza

Il Direttore del Laboratorio
Ing. Pasquale Capozzoli

LABORATORIO I.P.M. s.r.l.

S.S. 19 delle Calabrie km 61+500 - 84030 Atena Lucana (SA) - Tel/Fax. 0975.374072 - Cell. 380.3125804 - 335.7165650 - 348.6909389
Codice Fiscale, Partita Iva e N° Iscr. Registro Imprese di Salerno: 006 811 107 63 - N° R.E.A. 398607 - Cap. Soc. Inter. Vers. Euro 119.000,00
www.laboratorioipm.it - info@laboratorioipm.it - laboratorioipm@pec.it - S.D.I. M5UXCR1



CERTIFICATO DI PROVA N°: TR481/FF Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: TR481 del 30/10/19

DATA DI EMISSIONE: 14/11/19

Inizio analisi: 04/11/19

Apertura campione: 04/11/19

Fine analisi: 13/11/19

COMMITTENTE: Comune di San Gregorio Magno (SA) RICHIEDENTE: dott. Geol. Goffredo Angelo RIF. ACCETTAZIONE: TR481 del 30/10/19

RIFERIMENTO: indagini nell'ambito della progettaz. definitiva-esecutiva dell' impianto di depurazione in loc. Piè delle Vigne - San Gregorio Magno (SA)

SONDAGGIO: S1

CAMPIONE: C2

PROFONDITA': m 14,50 - 15,00

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2435

Caratteristiche del campione

Peso di volume (kN/m³)	18,76
Umidità (%)	34,4
Peso specifico (kN/m³)	24,52
Altezza provino (cm)	2,00
Diametro provino (cm)	7,00
Sezione provino (cm²)	38,48
Volume provino (cm³)	76,97
Volume dei vuoti (cm³)	33,17
Indice dei vuoti	0,76
Porosità (%)	43,09
Saturazione (%)	100,0

DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTI

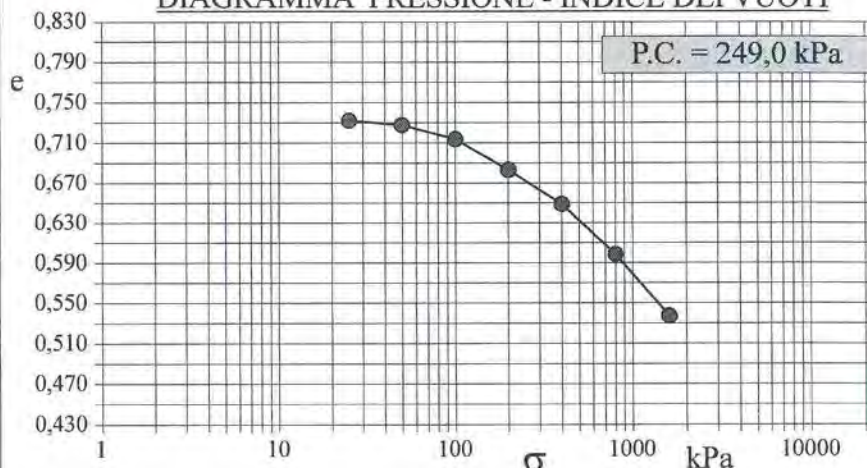
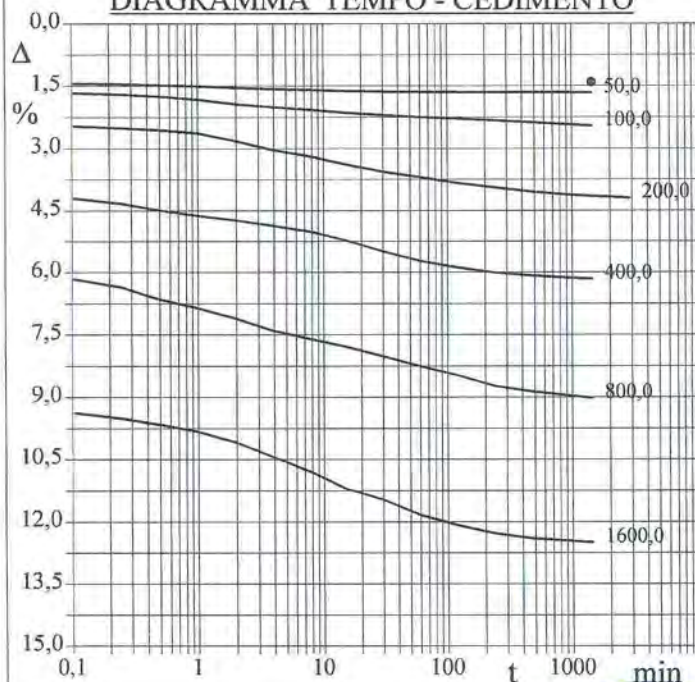
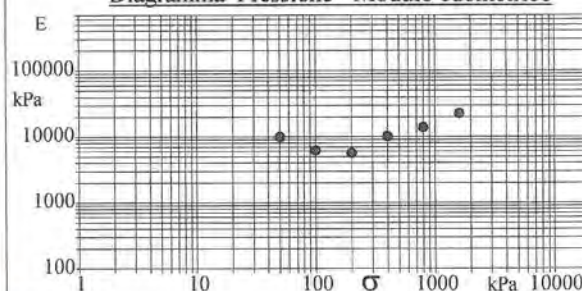


DIAGRAMMA TEMPO - CEDIMENTO



Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc	Modulo kPa	Cv cm²/sec	k cm/sec
25,0	28,1	0,732				
50,0	33,1	0,728	0,015	10060		
100,0	49,1	0,714	0,047	6254		
200,0	83,8	0,684	0,101	5757		
400,0	123,0	0,649	0,114	10217		
800,0	180,3	0,599	0,167	13950		
1600,0	249,8	0,538	0,203	23027		

Diagramma Pressione - Modulo edometrico



Lo Sperimentatore
Ing. Donatella Potenza

Il Direttore del Laboratorio
Ing. Pasquale Capozzoli

LABORATORIO I.P.M. s.r.l.

S.S. 19 delle Calabrie km 61+500 - 84030 Atena Lucana (SA) - Tel/Fax. 0975.374072 - Cell. 380.3125804 - 335.7165650 - 348.6909389
Codice Fiscale, Partita Iva e N° Iscr. Registro Imprese di Salerno: 006 811 107 63 - N° R.E.A. 398607 - Cap. Soc. Inter. Vers. Euro 119.000,00
www.laboratorioipm.it - info@laboratorioipm.it - laboratorioipm@pec.it - S.D.I. M5UXCR1



ISO 9001:2008
BUREAU VERITAS
Certification

N° 167291



CERTIFICATO DI PROVA N°: TR481/GG Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: TR481 del 30/10/19

DATA DI EMISSIONE: 14/11/19

Inizio analisi: 07/11/19

Apertura campione: 04/11/19

Fine analisi: 09/11/19

COMMITTENTE: Comune di San Gregorio Magno (SA) RICHIEDENTE: dott. Geol. Goffredo Angelo RIF. ACCETTAZIONE: TR481 del 30/10/19

RIFERIMENTO: indagini nell'ambito della progettaz. definitiva-esecutiva dell' impianto di depurazione in loc. Piè delle Vigne - San Gregorio Magno (SA)

SONDAGGIO: S1

CAMPIONE: C2

PROFONDITA': m 14,50 - 15,00

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	200	400	600
Tensione a rottura (kPa):	98	152	226
Deformazione orizzontale e verticale a rottura (mm):	2,08 -0,12	1,85 -0,15	1,79 -0,22
Umidità iniziale e umidità finale (%):	34,4 31,3	34,4 28,0	34,4 27,6
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	18,6 19,3	18,8 19,6	18,6 19,6
Grado di saturazione iniziale e finale (%):	100,0 100,0	100,0 100,0	100,0 100,0

DIAGRAMMA

Tensione - Pressione verticale

Coesione: 29,5 kPa
Angolo di attrito interno: 17,7 °

Tipo di prova: Consolidata - lenta
Velocità di deformazione: 0,002 mm / min
Tempo di consolidazione (ore): 24

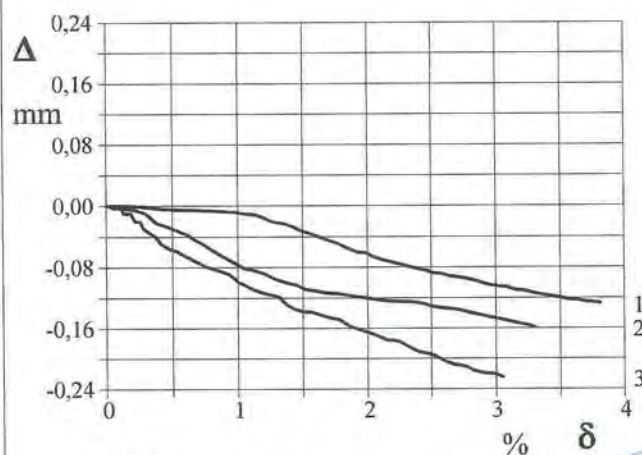
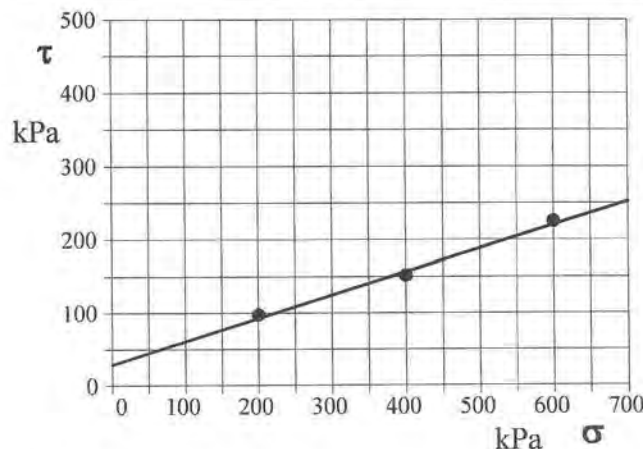


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

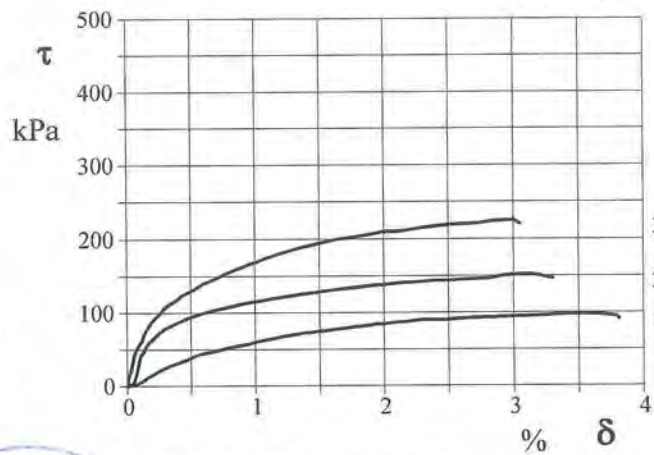


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

Lo Sperimentatore
Ing. Donatella Potenza

Il Direttore del Laboratorio
Ing. Pasquale Capozzoli

LABORATORIO I.P.M. s.r.l.

S.S. 19 delle Calabrie km 61+500 - 84030 Atena Lucana (SA) - Tel/Fax. 0975.374072 - Cell. 380.3125804 - 335.7165650 - 348.6909389

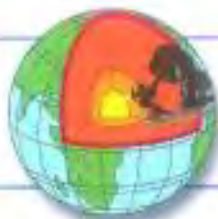
Codice Fiscale, Partita Iva e N° Iscr. Registro Imprese di Salerno: 006 811 107 63 - N° R.E.A. 398607 - Cap. Soc. Inter. Vers. Euro 119.000,00

www.laboratorioipm.it - info@laboratorioipm.it - laboratorioipm@pec.it - S.D.I. M5UXCR1



N° 167291





GEOTEST S.r.l.

Laboratorio • Studio Geologico Tecnico

LABORATORIO: PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE - PROVE GEOTECNICHE SU TERRENI E SULLE RADICI - PROVE ED ANALISI PER MANUTENZIONE PER AGGREGATI - PROVE ED ANALISI SU BITUMI E CONGLOMERATI BITUMINOSI - COLLAUDI - DIAGNOSTICA - MONITORAGGIO - SORVEGLIANZA - PROVE E CONTROLLI NON DISTRUTTIVI - PROVE IN SITO - PROVE GEOTECNICHE - SONDAGGI MECCANICI E PROVE IN TORO - LABORATORIO MORE PER CONTROLLI DI QUALITÀ

STUDIO GEOLOGICO TECNICO: GEOLOGIA - GEOLOGIA APPLICATA ALL'INGEGNERIA - GEOLOGIA URBANISTICA E TERRITORIALE - GEOLOGIA AMBIENTALE E SANITARIA - GEOPHISICA - IDROGEOLOGIA - GEOTECNICA - SONDAGGI DIAGNOSTICI

DOSSIER: GIT 05/20

RELAZIONE SISMICA

REALIZZAZIONE IMPIANTO DI DEPURAZIONE DI SAN GREGORIO MAGNO

COMUNE DI SAN GREGORIO MAGNO - (PROVINCIA di
SALERNO)

LOCALITÀ : FILETTE

COMMITTENTE: COMUNE DI SAN GREGORIO MAGNO

Atena Lucana, febbraio 2020

Collaboratore
Dott. Geol. Angelo Nicola Giuliano

Il Direttore Tecnico
Dott. Geol. Francesco Di Gruccio

Sede Legale e laboratorio:

S.S. 19 delle Calabrie km 61+500 - 84030 Atena Lucana (SA) - info@geotest.it - tel/fax 0975374072 - cell 3803125804 - cell 3486904890
cod. fisc. / part. I.V.A. / n. iscriz. Reg. Imp. di Salerno: 03786890651 - R.E.A. 320856 - Cap. Soc. I.V. euro 110.000,00

SOMMARIO

CAPITOLO 1.....	3
PREMESSA.....	3
CAPITOLO 2.....	4
INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....	4
INDAGINE SISMICA.....	7
CAPITOLO 3.....	28
CARATTERIZZAZIONE SISMICA	29
RISCHIO SISMICO NEL DISS (DATABASE OF INDIVIDUAL SEISMOGENIC SOURCES)-INGV	41
CAPITOLO 4.....	41
NATURA E CARATTERISTICHE DEL SUOLO INVESTIGATO	42
CAPITOLO 5.....	43
CONCLUSIONI.....	43

PREMESSA

Per incarico ricevuto dal Comune di San Gregorio Magno è stata redatta una **relazione sismica**, per il progetto: “**REALIZZAZIONE IMPIANTO DI DEPURAZIONE DI SAN GREGORIO MAGNO**”, in loc. Filette.-San Gregorio Magno (SA). Con lo scopo di fornire le informazioni necessarie ai fini della caratterizzazione sismica dei terreni, della determinazione delle loro caratteristiche e del loro assetto lito-stratigrafico.

La struttura è ubicata nel Foglio n. 20, in prossimità del Vallone Taverne, SP268b, nel Comune di San Gregorio Magno (SA) e nel Foglio n.199 (Potenza) della Carta Geologica d'Italia in scala 1: 100.000.

Al fine di determinare le caratteristiche sismiche e geotecniche dei terreni interessati dalla struttura si è proceduti nel seguente modo:

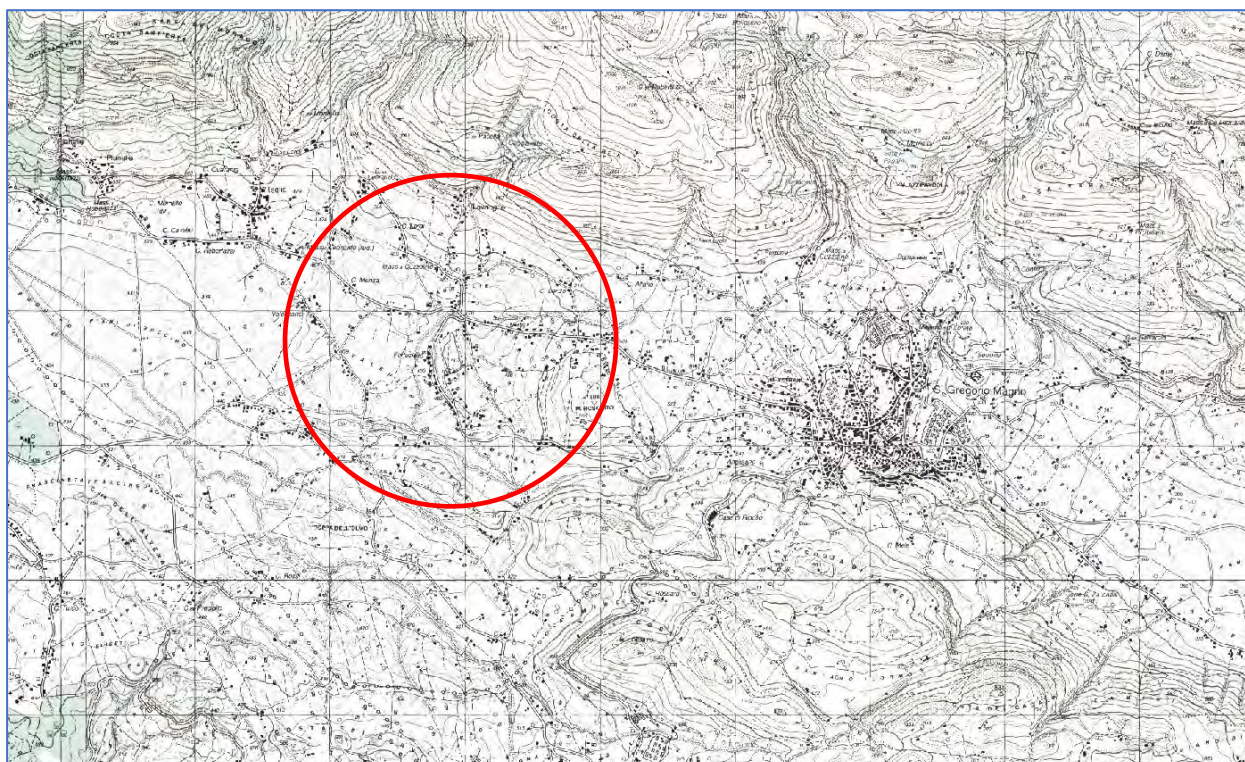
- **Ricerca bibliografica preliminare**
- **Reperimento della cartografia geologica e tematica esistente**
- **Rilevamento geologico speditivo** dell'area di intervento e di una significativa porzione di territorio circostante, quale strumento indispensabile sia per la caratterizzazione litostratigrafica che litotecnica dei terreni superficiali
- **Prospezione geosismica MASW-GRM**

Lo studio è stato, inoltre, eseguito tenendo conto delle prescrizioni contenute nella:

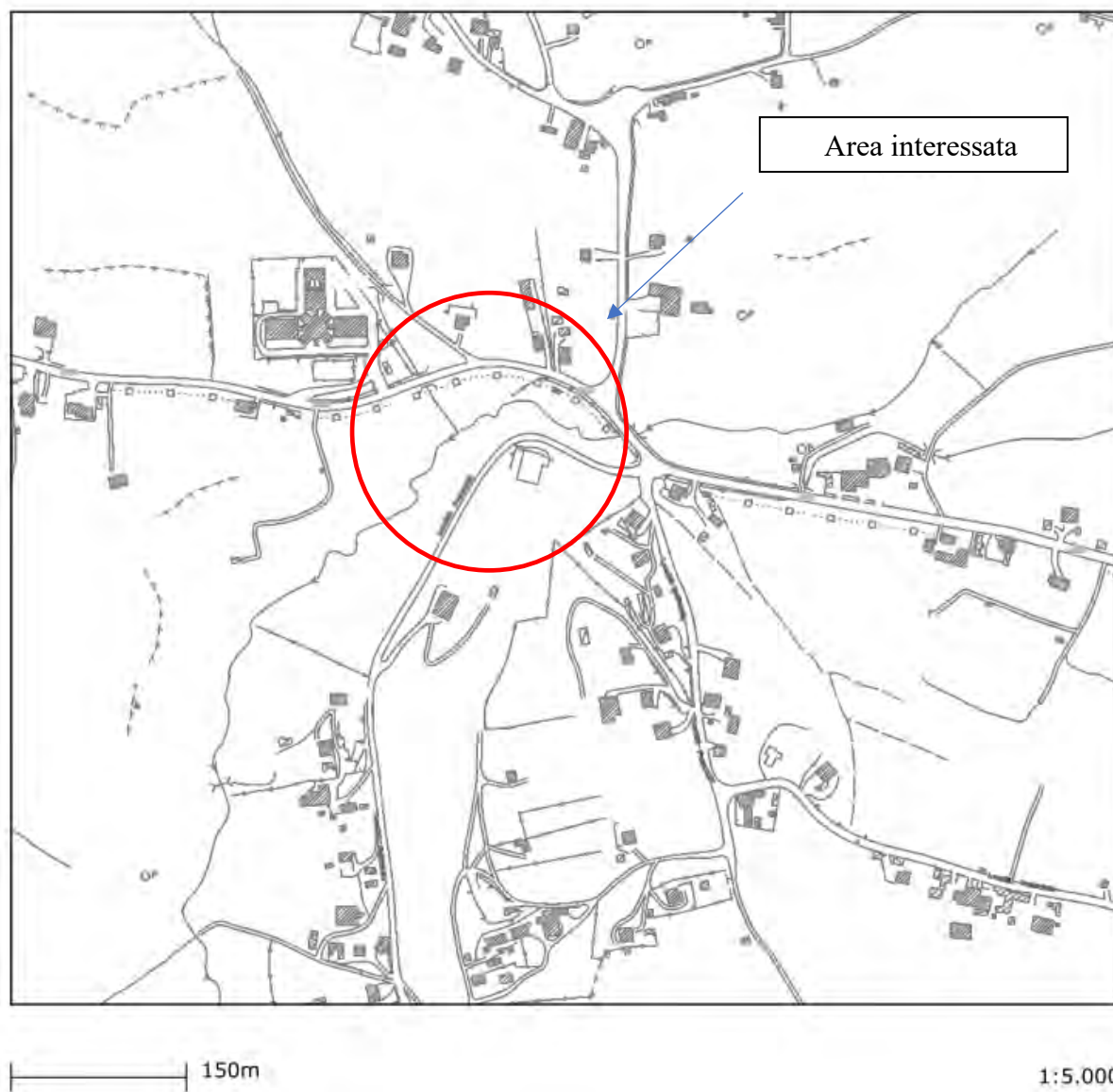
- Legge Regionale 7 febbraio 1983 n° 9, artt. 14 e 15-Norme per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di difesa del territorio dal rischio sismico.
- NTC 2018 del 17 gennaio 2018

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area interessata dal progetto, è ubicata in loc. Filette, San Gregorio Magno (SA). Il paese è situato nell'Alta Valle del Tanagro, al confine con la Basilicata ed è topograficamente individuabile nel Foglio n° 198 I NE-Buccino-IGM della Carta ufficiale dell'Istituto Geografico Militare, scala 1: 25.000 riportato in stralcio nella figura seguente.



Carta Tecnica Regionale



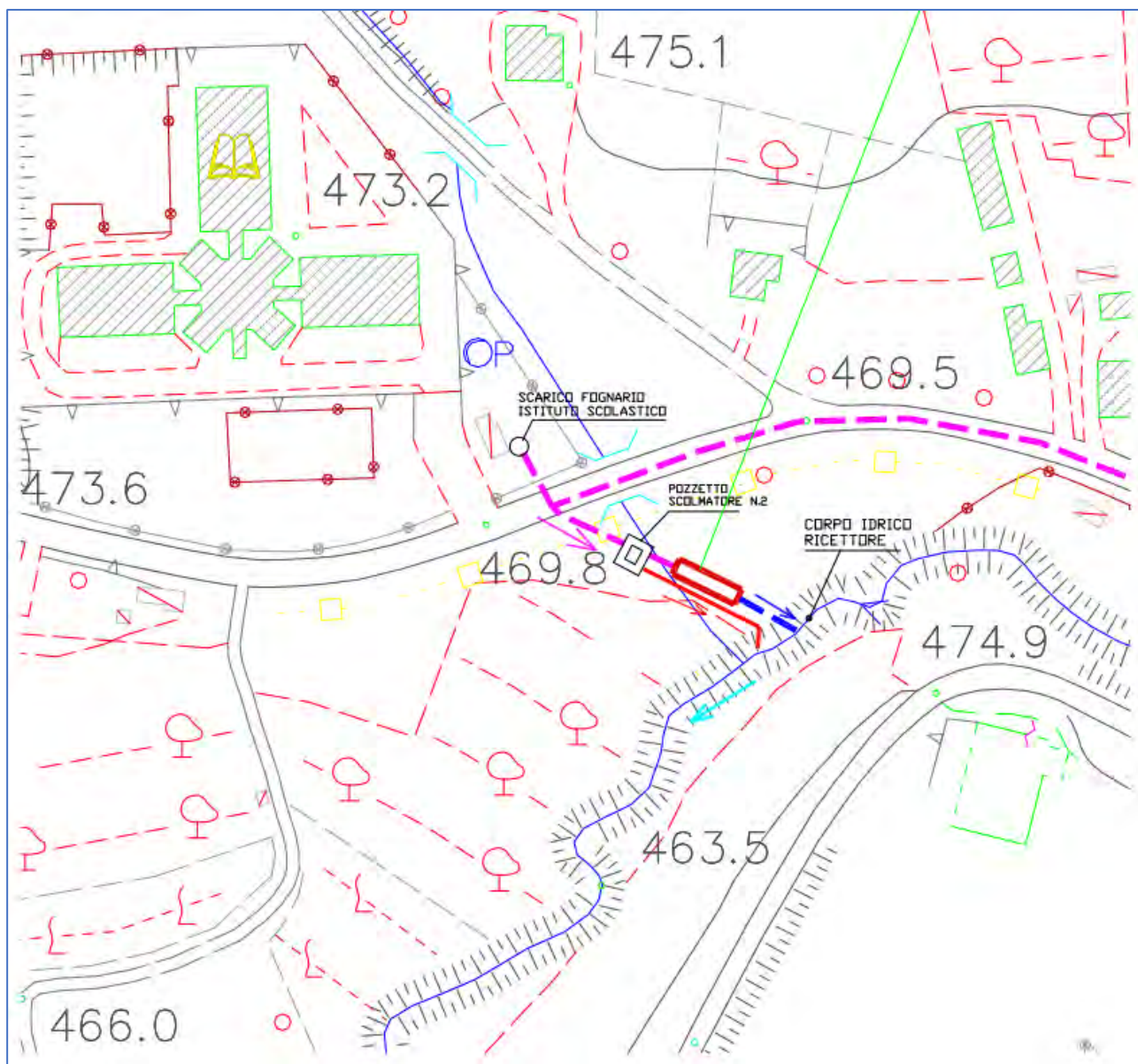
Comune di San Gregorio Magno-Foglio 20, part. 553-Ubicazione MASW-GRM

Catasto ortofoto



30m

1:1.000



Ubicazione delle opere

Ai fini della conoscenza geofisica dell'area di studio è stata eseguita una prospezione geofisica MASW-GRM.

SISMICA A RIFRAZIONE

La tecnica della sismica a rifrazione è una delle più usate nelle applicazioni di ingegneria civile, anche in considerazione del fatto che a differenza di altri metodi non sfrutta campi di forza naturali, ma richiede in genere l'immissione nel terreno di una certa quantità di energia la cui intensità, come pure la distanza fra sorgente e apparecchi di misura, può essere regolata per rispondere nel modo più esauriente possibile alle diverse problematiche.

L'indagine consiste nel generare in un punto preciso del terreno delle onde sismiche e di misurare ad intervalli regolari i tempi di arrivo ai sensori (geofoni), collocati lungo il profilo sismico. Attraverso lo studio dei tempi di percorso e quindi delle velocità delle onde, si può ricostruire la geometria degli strati presenti al di sotto della zona di indagine.

Le onde sismiche nel sottosuolo si propagano con velocità differente, a seconda delle caratteristiche fisico-elastiche degli strati attraversati. Quando un'onda sismica incontra una superficie di separazione tra due mezzi isotropi con caratteristiche elastiche diverse, una parte dell'energia si riflette nello stesso mezzo in cui si propaga l'onda incidente ed una parte si rifrange nell'altro (legge di Snell).

Per poter utilizzare il metodo è necessario che al di sotto dei terreni sciolti si trovi un orizzonte rifrattore ossia una roccia con caratteristiche fisico-meccaniche superiori tale che le velocità siano crescenti con la profondità.

L'apparecchiatura necessaria per le indagini è costituita da una serie di geofoni (generalmente 12 o 24) che vengono spazati regolarmente lungo un determinato allineamento e da un sismografo che registra l'istante di partenza della perturbazione ed i tempi di arrivo delle onde a ciascun geofono.

La registrazione, sia del momento dell'esplosione che del segnale amplificato da ciascun geofono, avviene simultaneamente su di un unico diagramma (sismogramma).

Solitamente, si hanno sismogrammi di diversi geofoni, posti a diversa distanza dalla sorgente: questi possono essere stampati in funzione del tempo e della distanza, in quelle che

vengono definite "registrazioni di scoppio" (shot records). La variazione Tempo / Distanza è detta "scostamento" (moveout).

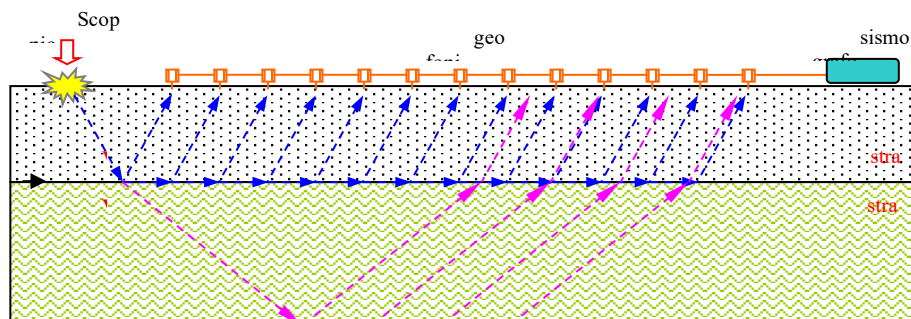


Fig. 1 – Rappresentazione schematica della propagazione delle velocità (V_p) nel sottosuolo e loro registrazione.

Il diagramma che rappresenta i tempi di propagazione delle onde sismiche in funzione della distanza del punto di emissione si definisce "curva di propagazione" o "dromocrona" ("travel time curve").

Ciò che essenzialmente conta, per il metodo a rifrazione, è identificare il tempo di arrivo della prima onda in ogni geofono ("first break picking").

CARATTERISTICHE DELLA STRUMENTAZIONE

SISMOGRAFO M.A.E. X610-S



- Convertitori: risoluzione 24 bit, tecnologia sigma-delta
- Range dinamico: 144 dB (teorico)
 - Distorsione massima: $\pm 0.0010\%$
 - Banda passante: 2Hz-30KHz
 - Common mode rejection: 110 dB a 60 Hz
 - Diafonia: -120dB a 20 Hz
 - Soglia di rumore dell'amplificatore programmabile: 27nV

- Precisione del trigger: 1/30 del tempo di campionatura
- Range massimo segnale in ingresso: +/-5V
- Impedenza di ingresso a 1000 campioni /secondo: 20Mohm
- Livelli di amplificazione: 0 dB, 6 dB, 12 dB, 18 dB, 24 dB, 30 dB, 36 dB impostabili singolarmente per ogni canale o per gruppi di canali liberamente organizzabili

Dati tecnici:

Risoluzione acquisizione	<i>24 bit con sovracampionamento</i>
Trattamento dati	<i>Floating Point 32 bit</i>
Numero di canali	<i>48-72</i>
Compatibilità dati acquisiti	<i>SEG-2 standard (32-bit long integer) o ASCII</i>
Accuratezza	<i>± 0.01 %</i>
Geofono	<i>4,5 Hz</i>
Software	<i>EASY REFRACT-GEOSTRU</i>

INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI

I sondaggi di sismica a rifrazione sul sito investigato sono stati elaborati ed interpretati utilizzando il software EASY REFRACT della GEOSTRU.

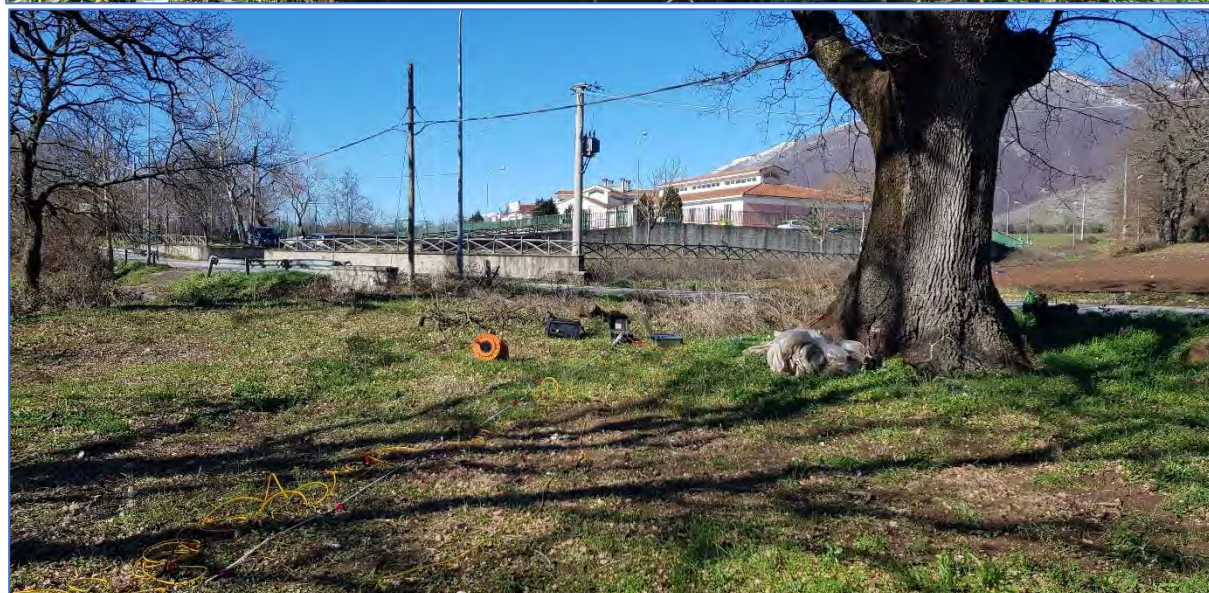
La prima fase dell'elaborazione consiste nella determinazione dei “Primi Arrivi” adottando diverse metodologie, dalla cross-correlation alla wavelet-analysis, reiterando il procedimento per raffinare i risultati ottenuti con continui controlli della compatibilità tra i tempi identificati e quelli derivati dall'interpolazione dei geofoni adiacenti. La seconda fase consiste nel calcolo delle dromocrone ovvero delle rette che presentano il miglior coefficiente di correlazione con i tempi dei Primi Arrivi precedentemente determinati.

Dati generali

Descrizione REALIZZAZIONE IMPIANTO DI DEPURAZIONE DI SAN GREGORIO MAGNO

Committente Comune di San Gregorio Magno
Zona Strada Provinciale 268b-loc. Filette
Operatore Dott. Geol. Angelo Nicola Giuliano
Responsabile Dott. Geol. Francesco Di Gruccio
Data 12/02/2020
Via SP 268b
Latitudine 40.66642[°]
Longitudine 15.36394[°]
Altitudine 469[m]





Geometria geofoni

	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	0.0	0.0
2	1.0	0.0
3	2.0	0.0
4	3.0	0.0
5	4.0	0.0
6	5.0	0.0
7	6.0	0.0
8	7.0	0.0
9	8.0	0.0
10	9.0	0.0
11	10.0	0.0
12	11.0	0.0
13	12.0	0.0
14	13.0	0.0

15	14.0	0.0
16	15.0	0.0
17	16.0	0.0
18	17.0	0.0
19	18.0	0.0
20	19.0	0.0
21	20.0	0.0
22	21.0	0.0
23	22.0	0.0
24	23.0	0.0

Dati battute

Battuta 1

Posizione sorgente X -3 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]

Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	4.5674
1.0	7.6124
2.0	10.6573
3.0	13.7022
4.0	16.7472
5.0	19.7921
6.0	22.8371
7.0	25.8820
8.0	28.9270
9.0	31.9719
10.0	31.9719
11.0	37.3006
12.0	38.8230
13.0	44.1517
14.0	46.4354
15.0	47.1966
16.0	47.9579
17.0	50.2416
18.0	51.0028
19.0	51.0028
20.0	51.7641
21.0	53.2865
22.0	54.8090
23.0	55.5702

Battuta 2

Posizione sorgente X 12 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]

Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	31.9719
1.0	31.2107
2.0	28.9270
3.0	25.8820
4.0	22.8371
5.0	20.5534
6.0	17.5084
7.0	15.2247
8.0	12.9410
9.0	9.1348
10.0	6.8511
11.0	2.2837
12.0	4.5674
13.0	7.6124
14.0	9.8961
15.0	13.7022
16.0	16.7472
17.0	19.7921
18.0	21.3146
19.0	22.0758
20.0	25.1208
21.0	26.6433
22.0	28.9270
23.0	31.9719

Battuta 3

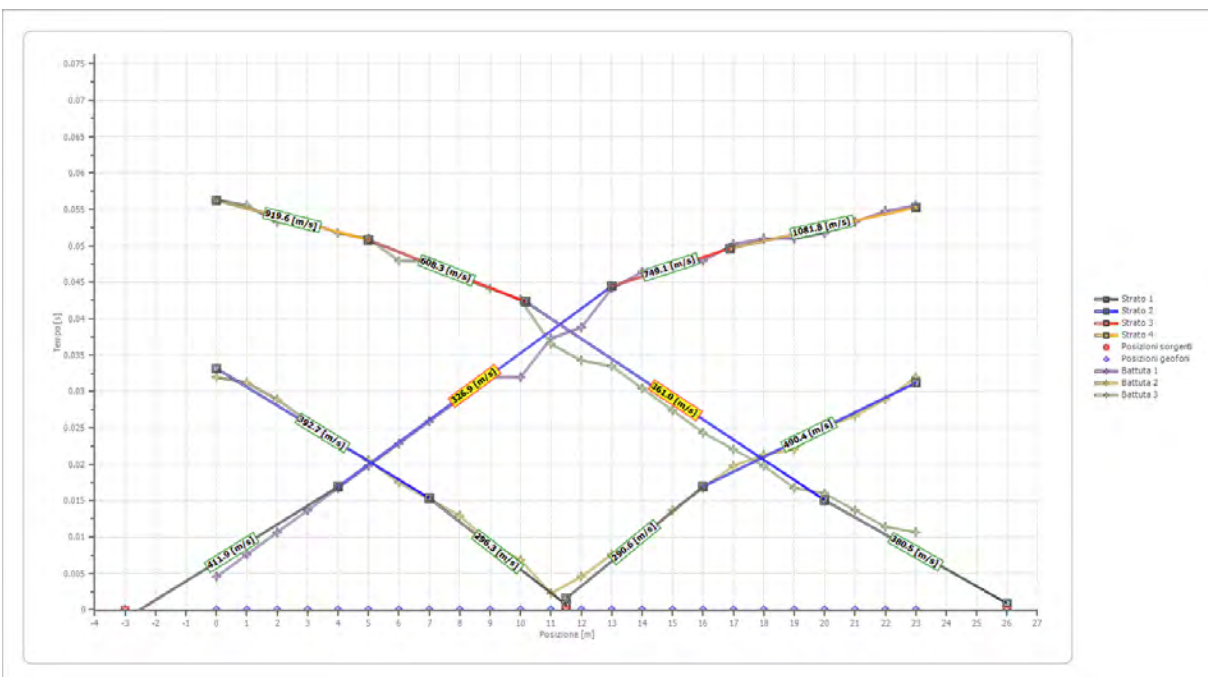
Posizione sorgente X 26 [m]

Posizione sorgente Z 0 [m]

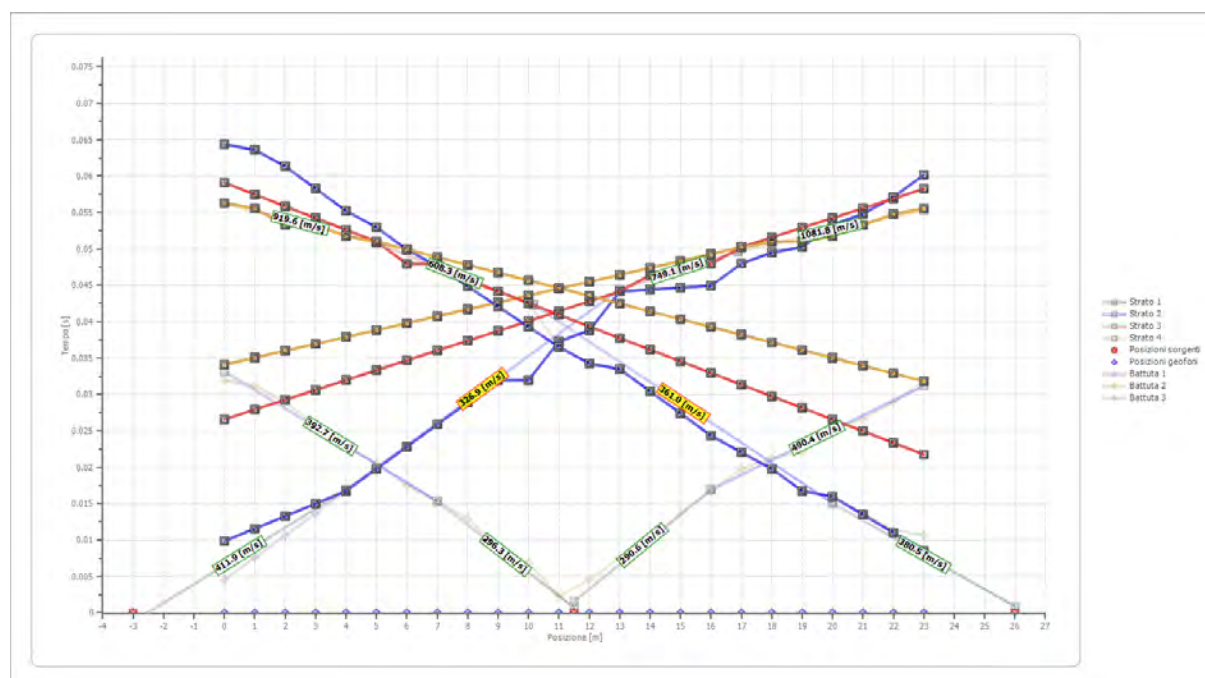
Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	56.3315
1.0	55.5702
2.0	53.2865
3.0	53.2865
4.0	51.7641
5.0	51.0028
6.0	47.9579
7.0	47.9579
8.0	45.6742
9.0	44.1517
10.0	42.6292
11.0	36.5393
12.0	34.2556
13.0	33.4944

14.0	30.4494
15.0	27.4045
16.0	24.3596
17.0	22.0758
18.0	19.7921
19.0	16.7472
20.0	15.9860
21.0	13.7022
22.0	11.4185
23.0	10.6573

Dromocrone



Dromocrone traslate



Interpretazione col metodo G.R.M.

XY: 0

	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3	Strato n. 4
G= 0.0 [m]	1.3	5.8	8.1	--
G= 1.0 [m]	1.6	5.7	8.2	--
G= 2.0 [m]	1.4	5.6	7.7	--
G= 3.0 [m]	1.0	5.7	8.3	--
G= 4.0 [m]	0.6	5.8	8.2	--
G= 5.0 [m]	0.8	5.6	8.3	--
G= 6.0 [m]	0.8	5.2	8.6	--
G= 7.0 [m]	1.1	5.5	8.2	--
G= 8.0 [m]	1.1	5.2	8.4	--
G= 9.0 [m]	1.2	5.1	8.4	--
G= 10.0 [m]	0.4	5.3	8.5	--
G= 11.0 [m]	1.1	5.0	8.4	--
G= 12.0 [m]	0.9	5.0	8.4	--
G= 13.0 [m]	2.3	4.4	8.2	--
G= 14.0 [m]	1.5	4.9	8.1	--
G= 15.0 [m]	0.6	5.0	8.4	--
G= 16.0 [m]	0.0	5.0	8.7	--
G= 17.0 [m]	0.0	5.2	8.5	--
G= 18.0 [m]	0.0	5.1	8.4	--
G= 19.0 [m]	0.0	5.0	8.0	--
G= 20.0 [m]	0.0	5.0	8.0	--
G= 21.0 [m]	0.0	4.9	8.2	--
G= 22.0 [m]	0.0	4.8	8.5	--

G= 23.0 [m]	0.0	4.7	8.4	--
Velocità [m/sec]	344.8	424.3	665.2	1010.9
Descrizione				

Altri parametri geotecnici

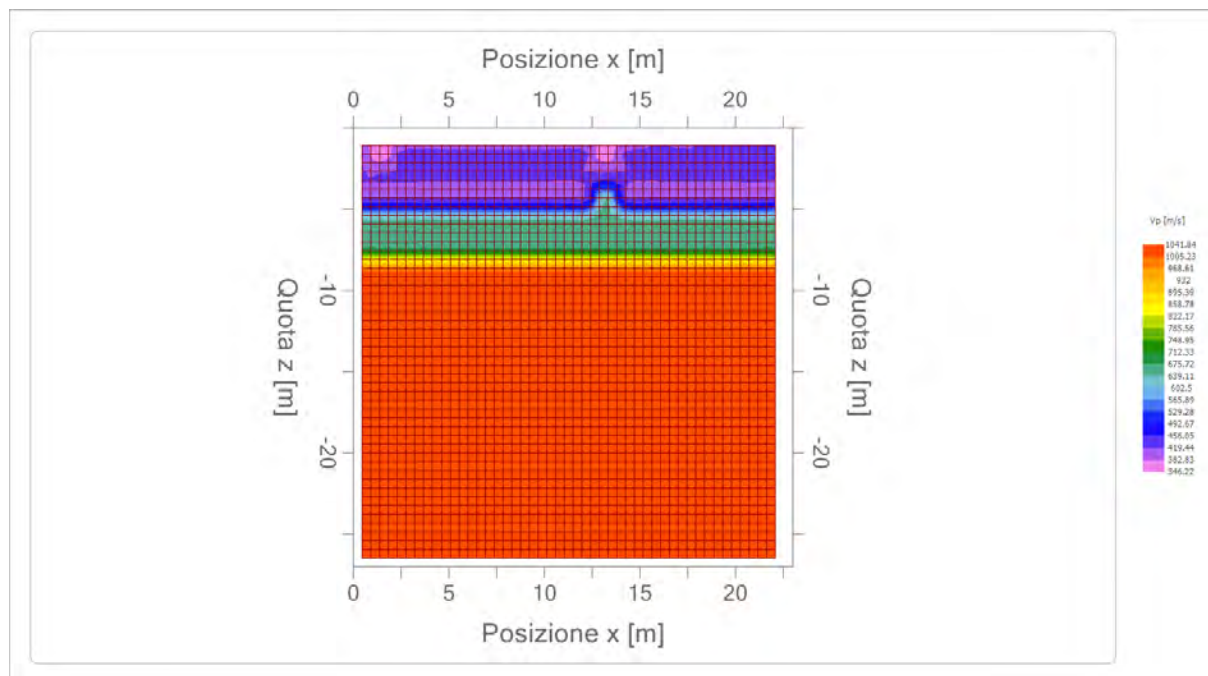
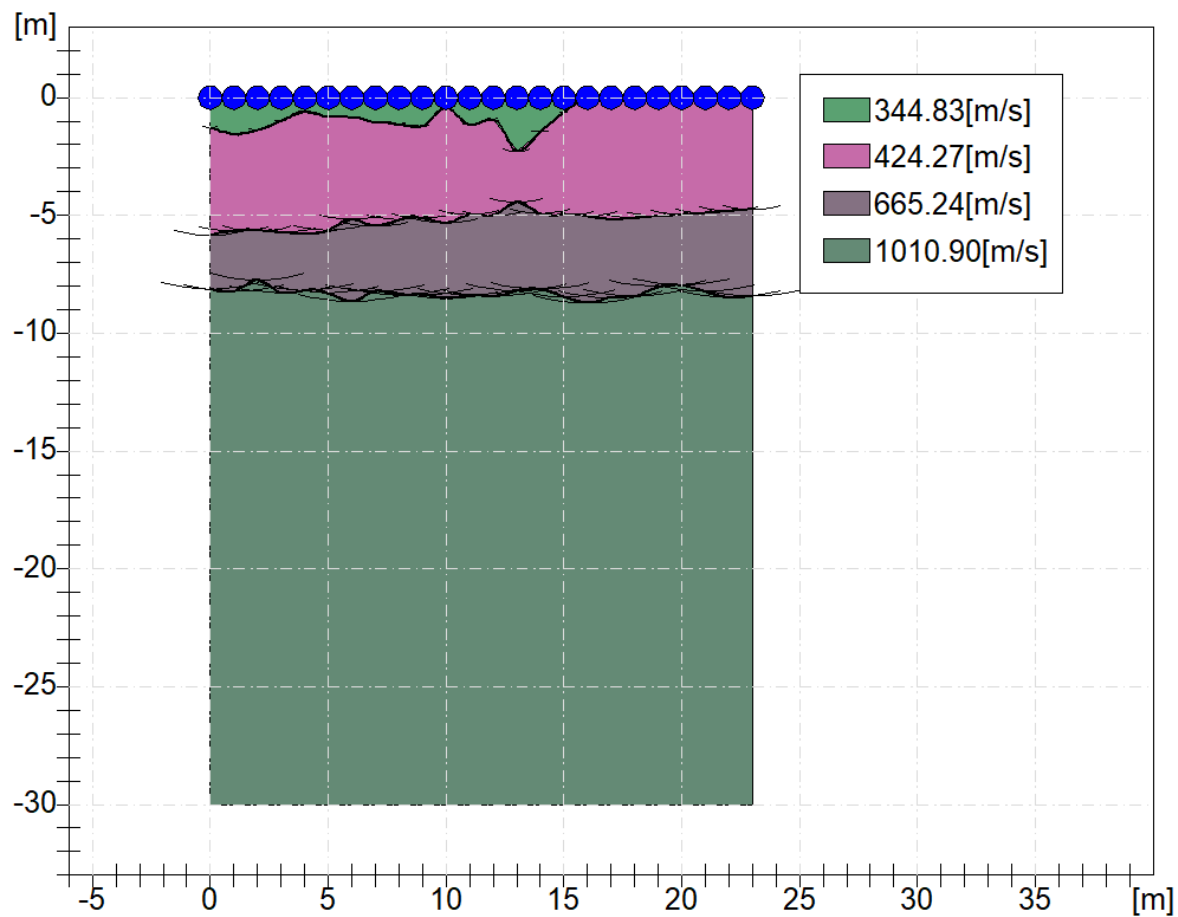
	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3	Strato n. 4
Coefficiente Poisson	0.35	0.35	0.35	0.35
Densità [kg/m ³]	1800.00	1800.00	1800.00	1800.00
Vp [m/s]	344.83	424.27	665.24	1010.90
Vs [m/s]	165.65	203.81	319.57	485.62
G0 [MPa]	49.39	74.77	183.83	424.49
Ed [Mpa]	21.403	32.400	79.658	183.947
M0 [MPa]	16.464	24.923	61.276	141.497
Ey [Mpa]	13.336	20.188	49.633	114.613

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;



Easy MASW

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,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.

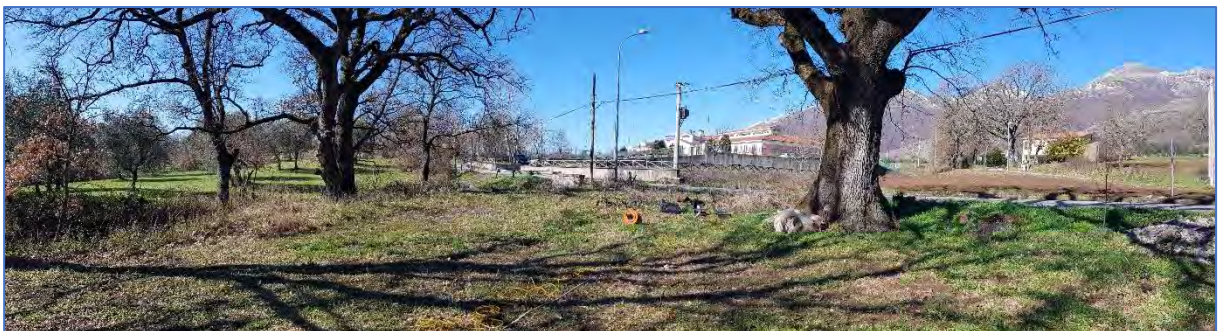
Profondità di indagine

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.

Dati generali

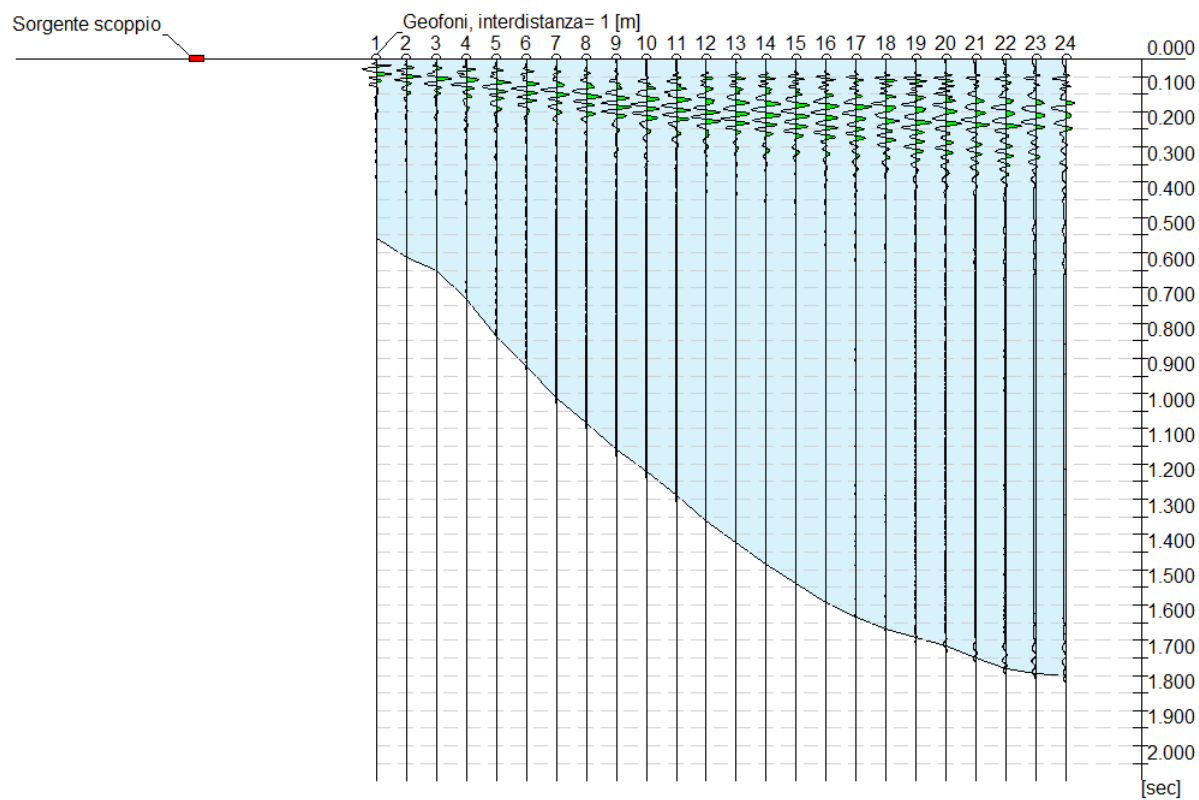
Committente	Comune di San Gregorio Magno
Cantiere	Strada Provinciale 268b-Loc. Filette
Operatore	Dott. Geol. Angelo Nicola Giuliano
Responsabile	Dott. Geol. Francesco Di Gruccio
Data	12/02/2020 11:15
Latitudine	40.6664
Longitudine	15.3639





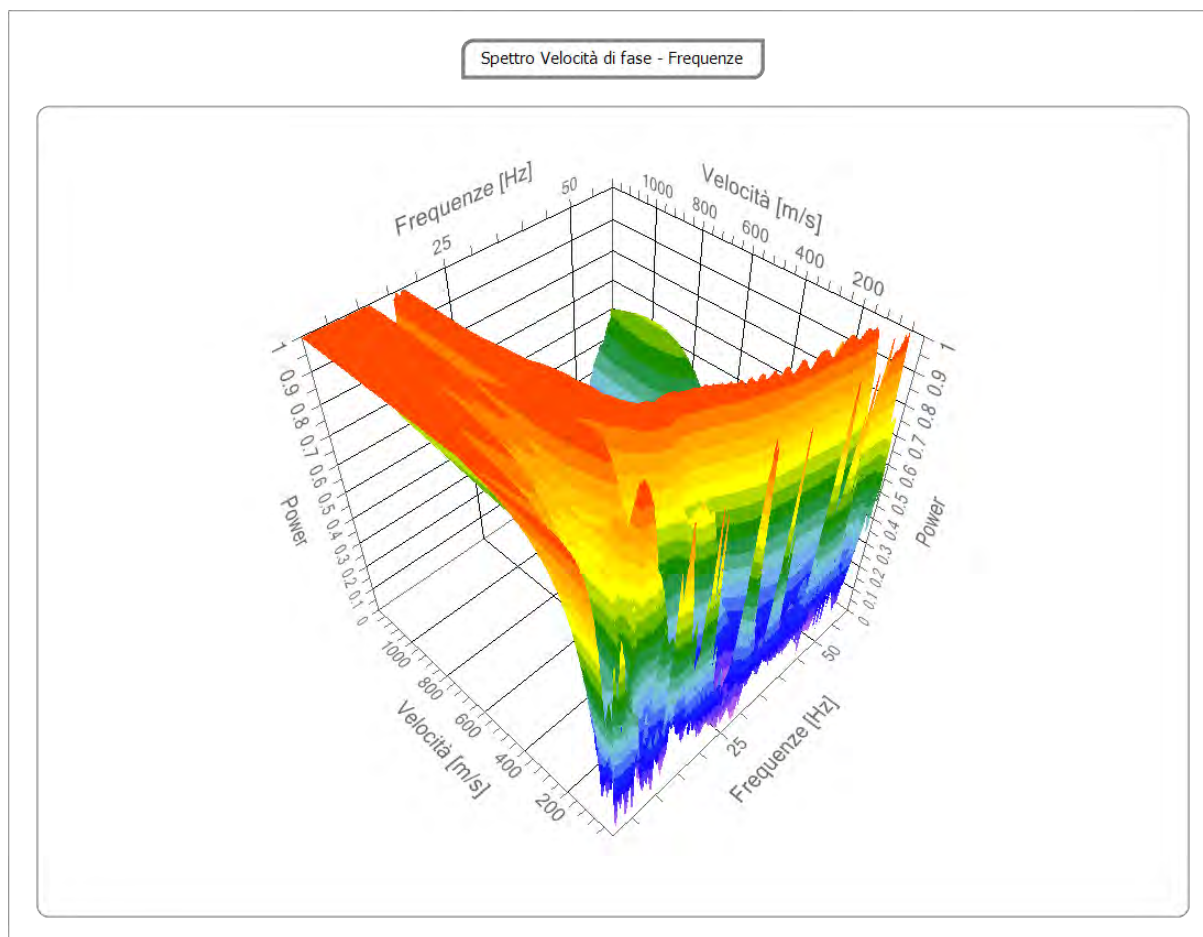
Tracce

N. tracce	24
Durata acquisizione [msec]	2048.0
Interdistanza geofoni [m]	1.0
Periodo di campionamento [msec]	1.00



Analisi spettrale

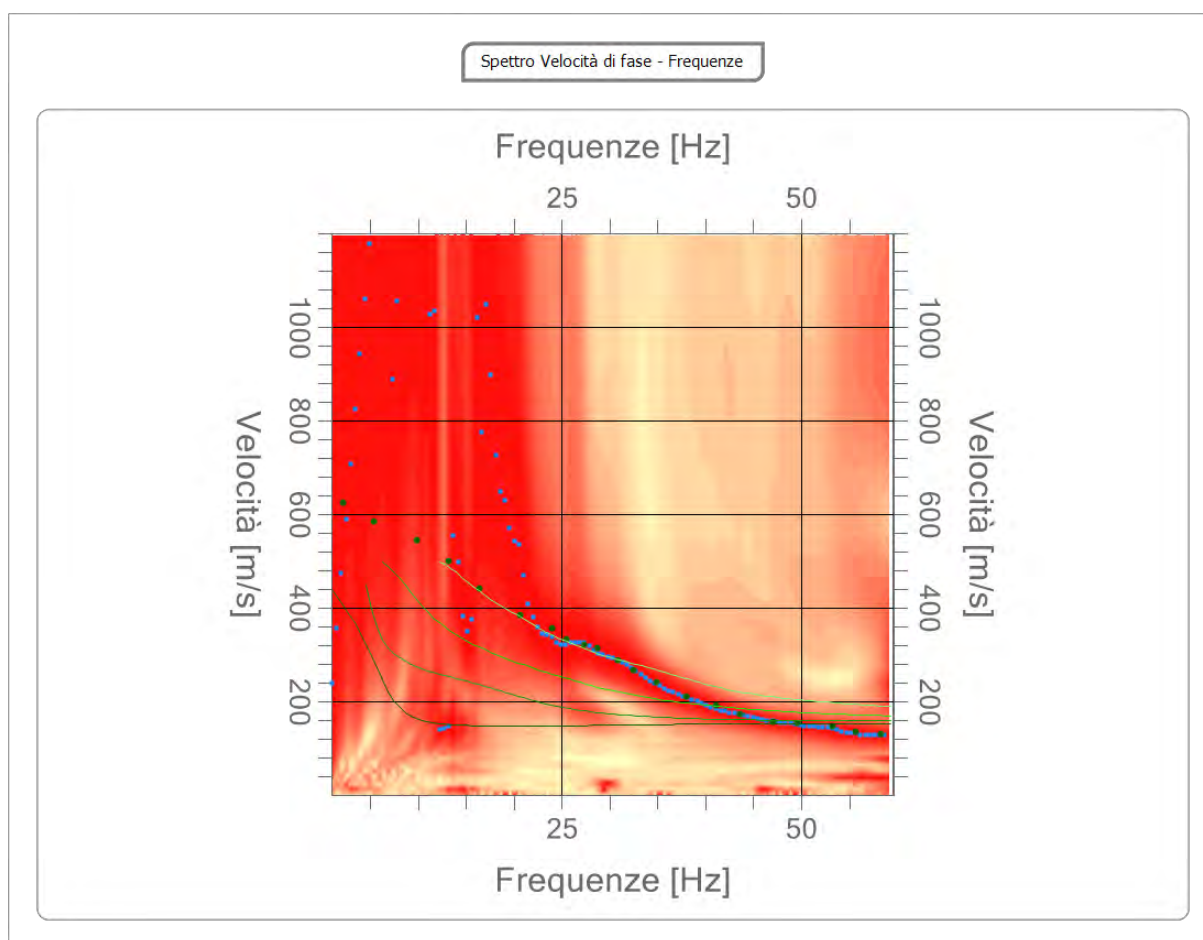
Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	60
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	1200
Intervallo velocità [m/sec]	1



Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	2.2	626.2	0
2	5.3	584.6	0
3	9.9	545.3	0
4	13.1	501.2	0
5	16.4	442.3	0
6	20.7	386.0	0

7	23.9	356.5	0
8	25.5	334.5	0
9	27.3	322.2	0
10	28.7	314.8	0
11	30.9	287.9	0
12	32.5	268.3	0
13	34.9	241.3	0
14	38.0	211.9	0
15	41.1	192.3	0
16	43.6	172.6	0
17	47.1	157.9	0
18	49.6	155.5	0
19	53.2	148.1	0
20	55.6	135.9	0
21	58.3	131.0	0



Inversione

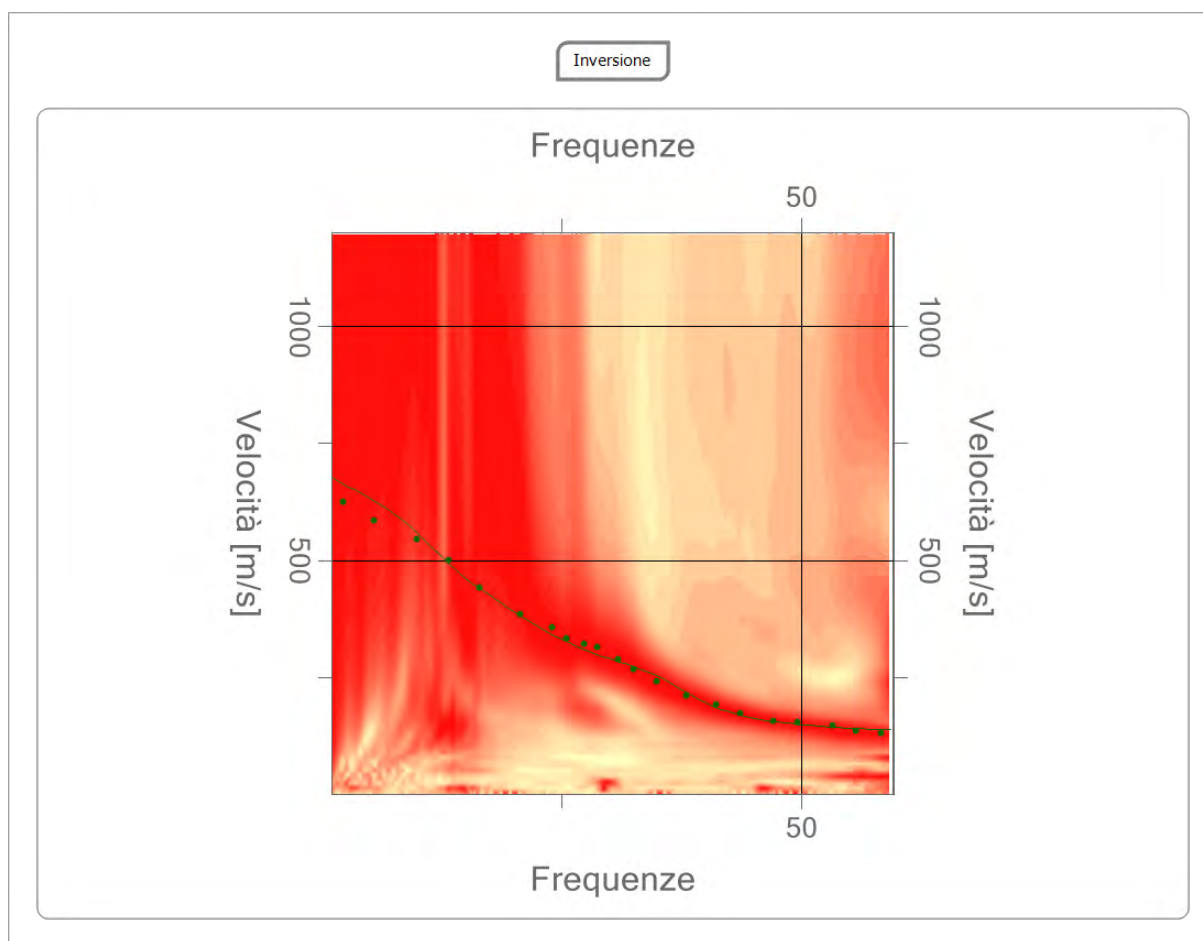
n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		1.48	1.48	1800.0	0.3	No	260.3	139.1
2		4.49	3.01	1800.0	0.3	Si	692.5	370.2
3		9.32	4.83	1800.0	0.3	Si	977.4	522.4
4		18.70	9.38	1800.0	0.3	Si	1095.3	585.4
5		33.17	14.46	1800.0	0.3	No	1390.7	743.4
6		∞	∞	1800.0	0.3	No	1389.8	742.9

Percentuale di errore

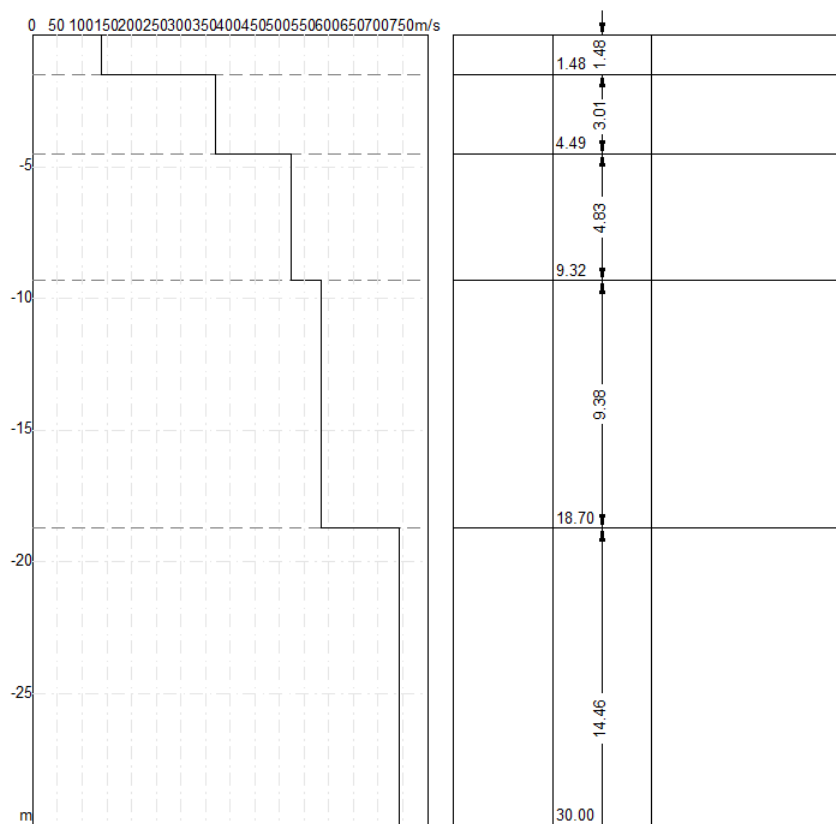
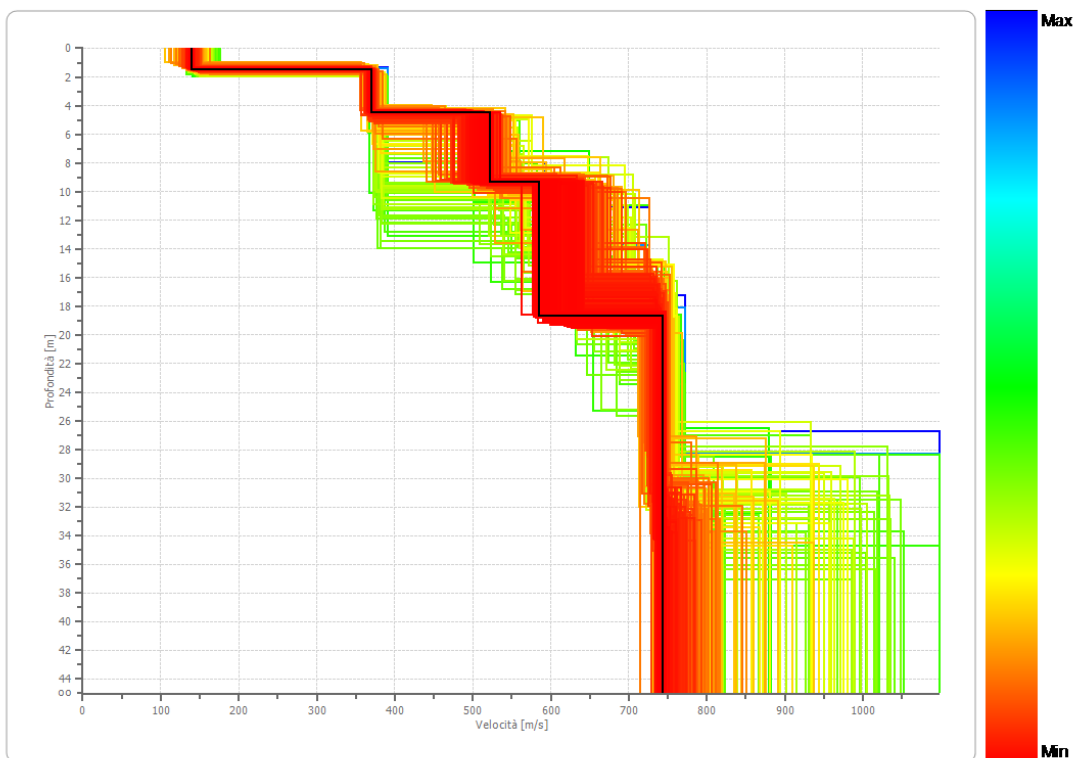
0.184 %

Fattore di disadattamento della soluzione

0.037



Profilo di velocità



Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)	506.42
Categoria del suolo	B

Suolo di tipo 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.

Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kN/mc]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]
1	1.48	1.48	139.13	260.28	16,14	0.30	34.84	12.195	7.549	9.059
2	4.49	3.01	370.16	692.51	19,44	0.30	246.64	86.323	53.438	64.126
3	9.32	4.83	522.42	977.36	20,75	0.30	491.26	171.940	106.439	127.727
4	18.70	9.38	585.44	1095.25	21,21	0.30	616.92	215.923	133.667	160.400
5	33.17	14.46	743.36	1390.70	22,19	0.30	994.65	348.127	215.507	258.608
6	oo	oo	742.89	1389.83	22,19	0.30	993.41	347.692	215.238	258.285

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

STRATO	G (Mpa)	$N_{60}=(G/15,56)\exp(1/2)$	$Dr=100*(N60/60)^{1/2}$
1	34,84	3,27	23,35
2	246,64	58,18	98,47
3	491,26	160,27	163,44
4	616,92	224,04	193,23
5	994,65	452,25	274,55
6	993,41	451,43	274,29

STRATO	Vp (m/s)	Densità geofisica= $0,51 * Vp_{m/sec}^{0,19}$	Y (kN/mc)	ϕ =(in gradi)
1	260,28	1,4672	16,1397	19
2	692,51	1,7671	19,4377	30
3	977,36	1,8866	20,7526	31
4	1095,25	1,9279	21,2066	39
5	1390,7	2,0174	22,1910	51
6	1389,83	2,0171	22,1884	52

z (m)	Vs (m/s)	Vp (m/s)	Pesi di volume (Keceli) (kN/mc)
1,48	139,13	260,28	14,76806693
3,01	370,16	692,51	18,8610483
4,83	522,42	977,36	20,55764699
9,38	585,44	1095,25	21,15139685
14,46	743,36	1390,7	22,4526834
3,16	742,89	1389,83	22,44913356

Calcolo coesione non drenata (Oh e altri) (kPa)	Coesione drenata (kPa)	qult (kN/mq)
46,24714829	18,49885932	87,6623
134,0912548	53,6365019	917,7780
191,9847909	76,79391635	2.098,2169
215,9467681	86,37870722	2.757,7863
275,9923954	110,3969582	4.891,9378
275,8136882	110,3254753	4.884,5179

qamm per VS<400 m/s (kN/mq)	qamm per VS=400/700 m/s (kN/mq)
58,7734	
199,7064	
	357,1583
	411,8025
	555,0537
	554,6151

Modulo di reazione di Winkler (kN/mc)	Rapporto Vp/Vs
3.484,5756	1,870768346
36.481,6755	1,870839637
83.404,1223	1,870831898
109.622,0072	1,870815113
194.454,5279	1,870829746
194.159,5865	1,870842251

CARATTERIZZAZIONE SISMICA

L'NTC 2018 del 17 gennaio 2018, recante "Norme Tecniche per le Costruzioni" raccoglie in forma unitaria le norme che disciplinano la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle costruzioni al fine di garantire, per stabiliti livelli sicurezza, la pubblica incolumità. Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

Per la definizione dell'azione sismica di un sito vengono utilizzate al meglio le possibilità offerte dalla definizione della pericolosità sismica italiana, recentemente prodotta e messa in rete dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV).

L'azione sismica è ora valutata in condizioni *free field* su sito di riferimento rigido a superficie orizzontale, riferendosi non ad una zona sismica territorialmente coincidente con più entità amministrative, ad un'unica forma spettrale e ad un periodo di ritorno prefissato ed uguale per tutte le costruzioni, come avveniva in precedenza, bensì sito per sito e costruzione per costruzione.

La pericolosità sismica di un sito è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo, in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato. Nelle NTC, tale lasso di tempo, espresso in anni, è denominato "periodo di riferimento" V_R e la probabilità è denominata "probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento" P_{V_R} .

Ai fini della determinazione delle azioni sismiche di progetto nei modi previsti dalle NTC, la pericolosità sismica del territorio nazionale è definita convenzionalmente facendo riferimento ad un sito rigido (di categoria A) con superficie topografica orizzontale (di categoria T1), in condizioni *free field*, cioè in assenza di manufatti.

La caratterizzazione sismica del sottosuolo, eseguita attraverso l'indagine sismica di tipo MASW, consente di definire il sito d'intervento, così come riportato di seguito:

COORDINATE DEL SITO: (WGS84 UTM)

Latitudine 40.66642[°]

Longitudine 15.36394[°]

LITOLOGIA PREVALENTE: **Depositi eluvio-colluviali e fluviali**

ZONA SISMICA: 1

CLASSE D'USO: 4

COEFFICIENTE D'USO: 2

VITA NOMINALE: **≥50 ANNI**

CATEGORIA TOPOGRAFICA: **T1**

PERIODO DI RIFERIMENTO: **≥100 ANNI**

Risultati

Profondità piano di posa [m] 0.00

Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m) 506.42

Categoria del suolo B

CATEGORIA DI SOTTOSUOLO: B

CALCOLO DEI COEFFICIENTI SISMICI: FONDAZIONI E STABILITÀ DEI PENDII

Ai fini della suddetta normativa le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- ag accelerazione orizzontale massima al sito;
- Fo valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.
- Tc* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

VITA NOMINALE, CLASSI D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO

VITA NOMINALE

La vita nominale di un'opera strutturale VN è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata.

La vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata nella Tab. 2.4.I e deve essere precisata nei documenti di progetto.

Tabella 2.4.I – Vita nominale V_N per diversi tipi di opere

	TIPI DI COSTRUZIONE	Vita Nominale V_N (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva (1)	≥ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

(1) Le verifiche sismiche di opere provvisorie o strutture in fase costruttiva possono omettersi quando le relative durate previste in progetto siano inferiori a 2 anni.

CLASSI D'USO

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

Classe I:	Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
Classe II:	Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV , reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
Classe III:	Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV . Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
Classe IV:	Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale N per il coefficiente d'uso C_U :

$$V_R = N \times C_U$$

Il valore del coefficiente d'uso C_U è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato in Tab. 2.4.II.

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso C_U

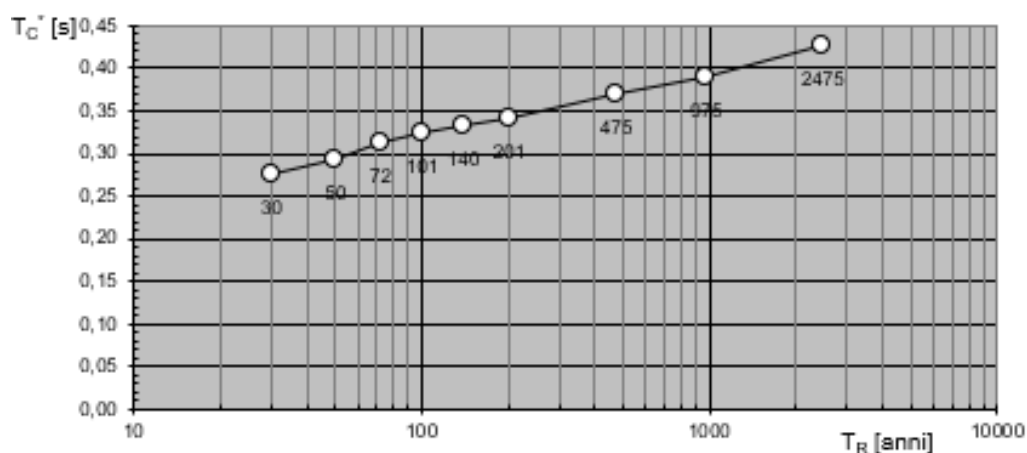
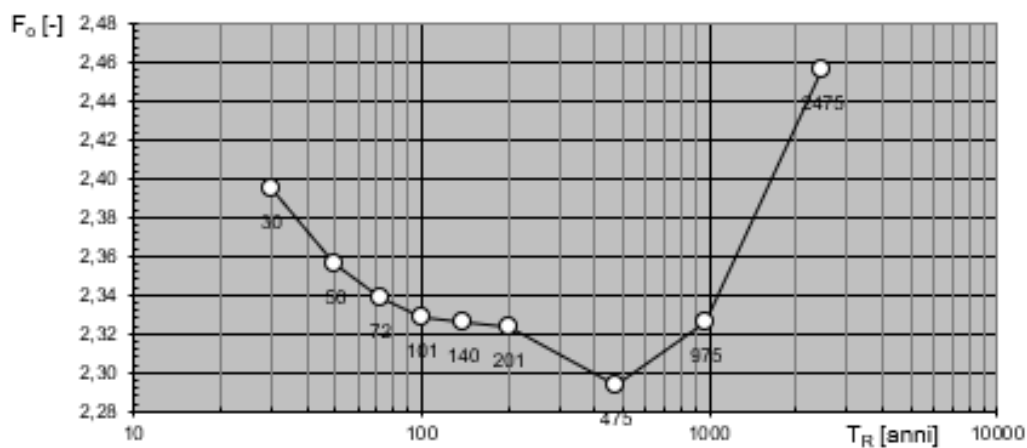
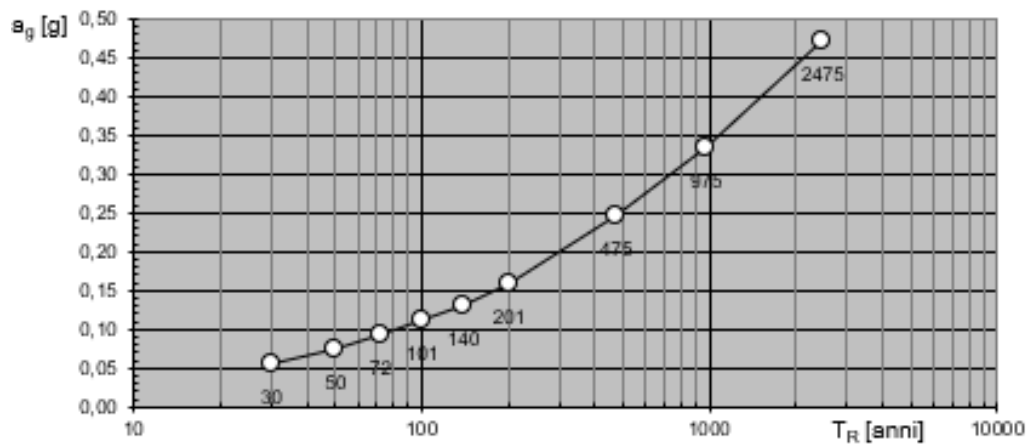
CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Se $V_R \leq 35$ anni si pone comunque $V_R = 35$ anni.

PARAMETRI SISMICI

Per il sito d'intervento, avendo considerato un periodo di riferimento V_R pari a ≥ 50 anni, vengono forniti i valori di a_g , F_0 e T_c^* necessari per la determinazione delle azioni sismiche:

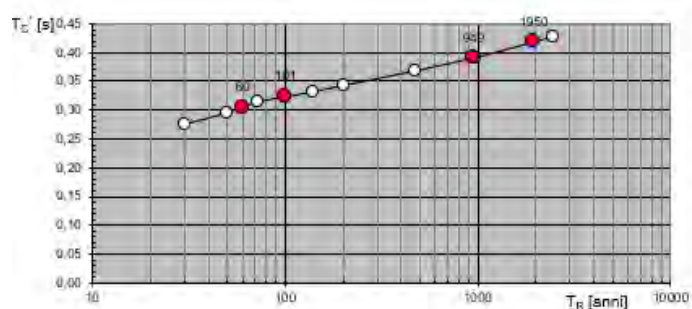
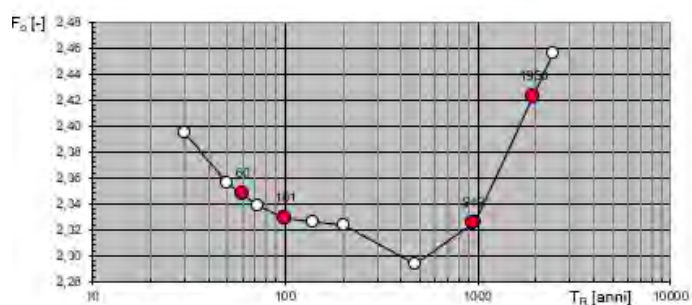
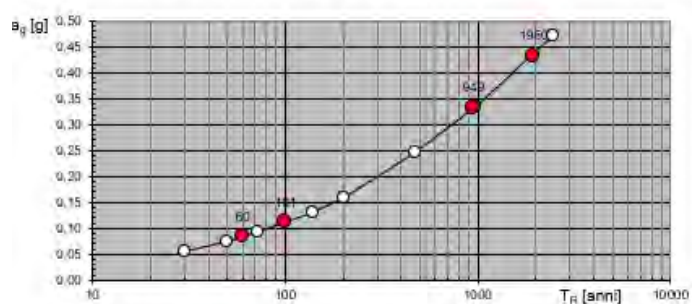
Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* : variabilità col periodo di ritorno T_R



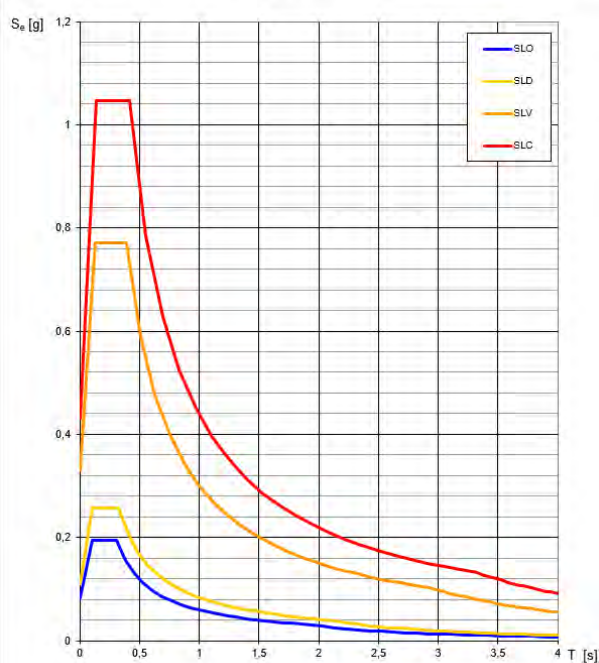
Valori dei parametri a_g , F_o , T_C per i periodi di ritorno T_R di riferimento

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C [s]
30	0,056	2,395	0,276
50	0,075	2,357	0,294
72	0,092	2,339	0,314
101	0,111	2,329	0,324
140	0,132	2,326	0,333
201	0,159	2,323	0,343
475	0,246	2,293	0,369
975	0,335	2,326	0,390
2475	0,471	2,457	0,428

Valori di progetto dei parametri a_g , F_o , T_C in funzione del periodo di ritorno T_R



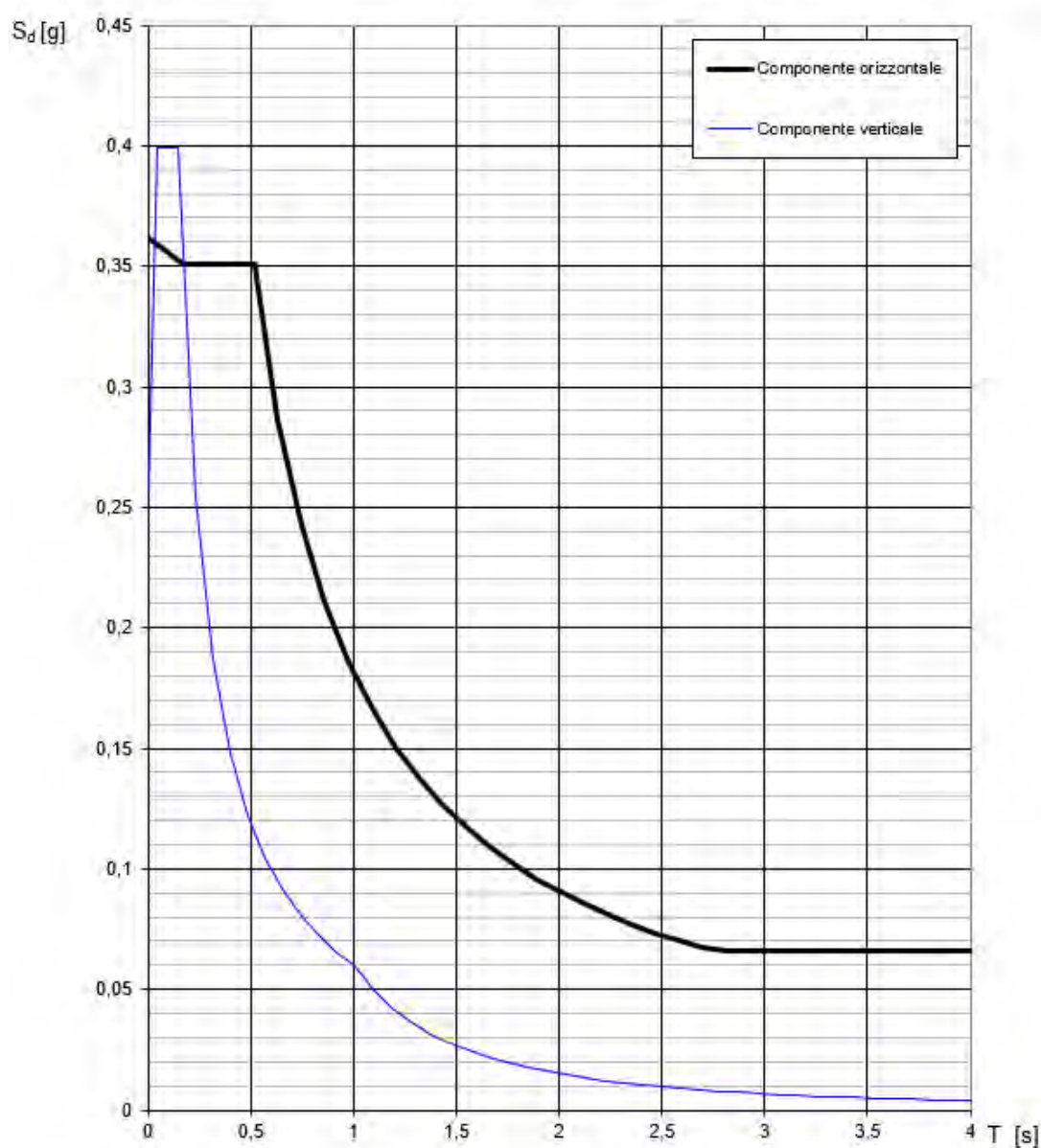
Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	60	0,083	2,348	0,304
SLD	101	0,110	2,329	0,324
SLV	949	0,331	2,325	0,390
SLC	1950	0,432	2,422	0,418

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV



Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0,331 g
F_a	2,325
T_c	0,390 s
S_s	1,092
C_c	1,328
S_T	1,000
q	2,400

Parametri dipendenti

S	1,092
η	0,417
T_B	0,173 s
T_C	0,518 s
T_D	2,926 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10 \cdot (S + 5)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; § 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_c \cdot T_c^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4 \cdot 0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_a \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_a} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_a$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_a \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_a \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,362
$T_B \leftarrow$	0,173	0,351
$T_C \leftarrow$	0,518	0,351
	0,632	0,287
	0,747	0,243
	0,862	0,211
	0,976	0,186
	1,091	0,166
	1,206	0,150
	1,320	0,137
	1,435	0,126
	1,550	0,117
	1,664	0,109
	1,779	0,102
	1,894	0,096
	2,008	0,090
	2,123	0,085
	2,238	0,081
	2,352	0,077
	2,467	0,074
	2,582	0,070
	2,697	0,067
	2,811	0,066
$T_D \leftarrow$	2,926	0,066
	2,977	0,066
	3,028	0,066
	3,079	0,066
	3,131	0,066
	3,182	0,066
	3,233	0,066
	3,284	0,066
	3,335	0,066
	3,386	0,066
	3,437	0,066
	3,489	0,066
	3,540	0,066
	3,591	0,066
	3,642	0,066
	3,693	0,066
	3,744	0,066
	3,795	0,066
	3,847	0,066
	3,898	0,066
	3,949	0,066
	4,000	0,066

Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite SLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_{gv}	0,258 g
S_S	1,000
S_T	1,000
q	1,500
T_B	0,050 s
T_C	0,150 s
T_D	1,000 s

Parametri dipendenti

F_v	1,807
S	1,000
η	0,667

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{g} \right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,258
T_B	0,050	0,399
T_C	0,150	0,399
	0,235	0,255
	0,320	0,187
	0,405	0,148
	0,490	0,122
	0,575	0,104
	0,660	0,091
	0,745	0,080
	0,830	0,072
	0,915	0,065
T_D	1,000	0,060
	1,094	0,050
	1,188	0,042
	1,281	0,036
	1,375	0,032
	1,469	0,028
	1,563	0,025
	1,656	0,022
	1,750	0,020
	1,844	0,018
	1,938	0,016
	2,031	0,015
	2,125	0,013
	2,219	0,012
	2,313	0,011
	2,406	0,010
	2,500	0,010
	2,594	0,009
	2,688	0,008
	2,781	0,008
	2,875	0,007
	2,969	0,007
	3,063	0,006
	3,156	0,006
	3,250	0,006
	3,344	0,005
	3,438	0,005
	3,531	0,005
	3,625	0,005
	3,719	0,004
	3,813	0,004
	3,906	0,004
	4,000	0,004

Per il calcolo dell'accelerazione massima attesa al sito si fa riferimento alla seguente formula (NTC cap. 7.11.3) riferita allo Stato Limite SLV

$$a_{gmax} = S_s * S_t * a_g$$

$$S_s = 1,092$$

$$S_t = 1,000$$

$$a_g = 0,331$$

$$a_{gmax} = 0,361452$$

a_{gmax} è pertanto pari a 0,361452

L'analisi delle condizioni di stabilità dei pendii in condizioni sismiche può essere eseguita mediante metodi pseudostatici, metodi degli spostamenti e metodi di analisi dinamica.

Nelle analisi, si deve tenere conto dei comportamenti di tipo fragile, che si manifestano nei terreni a grana fina sovraconsolidati e nei terreni a grana grossa addensati con una riduzione della resistenza al taglio al crescere delle deformazioni. Inoltre, si deve tener conto dei possibili incrementi di pressione interstiziale indotti in condizioni sismiche nei terreni saturi. Nei metodi pseudo statici l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, costante nello spazio e nel tempo, proporzionale al peso W del volume di terreno potenzialmente instabile. Tale forza dipende dalle caratteristiche del moto sismico atteso nel volume di terreno potenzialmente instabile e dalla capacità di tale volume di subire spostamenti senza significative riduzioni di resistenza. Nelle verifiche allo stato limite ultimo, in mancanza di studi specifici, le componenti orizzontale e verticale di tale forza possono esprimersi come $F_h = k_h \cdot W$ ed $F_v = k_v \cdot W$, con k_h e k_v rispettivamente pari ai coefficienti sismici orizzontale e verticale:

$$k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{max}}{g}$$

$$k_v = \pm 0,5 \cdot k_h.$$

dove

β_s = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

a_{max} = accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g = accelerazione di gravità.

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale, l'accelerazione massima attesa al sito può essere valutata con la relazione

Quindi

$K_h = 0,10316672782874617737003058103976$ (coeff. azione sismica orizzontale)

$K_v = 0,05158336391437308868501529051988$ (coeff. azione sismica verticale)

Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_g(g) \leq 0,1$	0,20	0,20

Il calcolo dello spostamento del terreno

La formula utilizzata è la seguente:

$$d_g = 0,025 \cdot S \cdot T_C \cdot T_D \cdot a_g$$

$$d_g = 0,025 \cdot 1,092 \cdot 0,518 \cdot 2,926 \cdot 0,331 = \mathbf{0,0136960307484 \text{ m}}$$

Il calcolo della velocità del terreno

La formula utilizzata è la seguente:

$$v_g = 0,16 \cdot S \cdot T_C \cdot a_g$$

$$v_g = 0,16 \cdot 1,092 \cdot 0,518 \cdot 0,331 = \mathbf{0,02995714176 \text{ m/s}}$$

Collasso per slittamento

In conformità con i criteri di progetto allo SLU, la stabilità della fondazione deve essere verificata rispetto al collasso per slittamento, oltre a quello per rottura generale. Rispetto al collasso per slittamento la resistenza viene valutata come somma di una componente dovuta all'adesione e una dovuta all'attrito fondazione-terreno; la resistenza laterale derivante dalla spinta passiva del terreno può essere messa in conto secondo una percentuale indicata dal professionista. La formula specifica per il calcolo della resistenza per attrito di calcolo è:

$$F_{RD} = N_{SD} \cdot \tan \phi + c' \cdot A$$

Nella quale N_{SD} è il valore di calcolo della forza verticale, δ è l'angolo di resistenza al taglio alla base della trave rovescia, c' è l'adesione fondazione-terreno e A' è l'area della fondazione efficace intesa in caso di carichi eccentrici, ridotta al centro della quale è applicata la risultante.

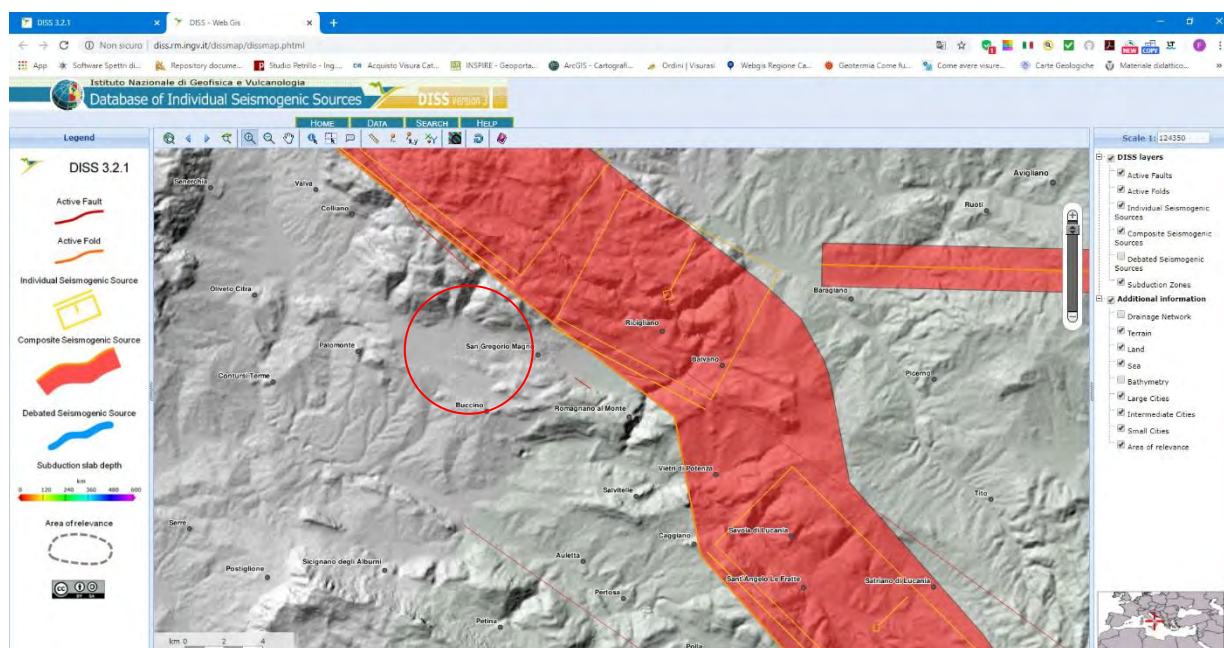
Poiché non è noto con precisione il valore della forza verticale N_{SD} , si rimanda al progettista la verifica di stabilità globale utilizzando l'approccio 1 combinazione 2 ($A2+M2+R2$) e la verifica per scorrimento sul piano di posa utilizzando la combinazione ($A1+M1+R3$) definita nelle nuove NTC 2018.

La resistenza laterale di calcolo derivante dalla spinta del terreno sulla faccia laterale del plinto, può essere tenuta in conto a condizione che vengano presi adeguati provvedimenti in sito, quali la compattazione del terreno di riporto ai lati della trave rovescia, l'infissione di un muro verticale di fondazione nel terreno, o il getto del calcestruzzo armato del plinto direttamente a contatto con una parte di scavo netta e verticale.

Per la **verifica di sicurezza contro il collasso per slittamento su una base orizzontale**, deve essere soddisfatta la disuguaglianza seguente: **$V_{sd} < F_{rd} + E_{pd}$** , nella quale V_{sd} è il valore di calcolo della forza orizzontale.

RISCHIO SISMICO NEL DISS (DATABASE OF INDIVIDUAL SEISMOGENIC SOURCES)-INGV

Il DISS fornisce un'istantanea della presenza di faglie considerate attive allo stato attuale nell'area di interesse. Dalla scheda notiamo immediatamente che la sorgente sismogenetica che passa ad Est dell'area di studio è la Irpinia-Agry-Valley che ha una magnitudo massima di 6,8, pertanto il Rischio Sismico associato alla stessa è da considerarsi come alto o molto alto.



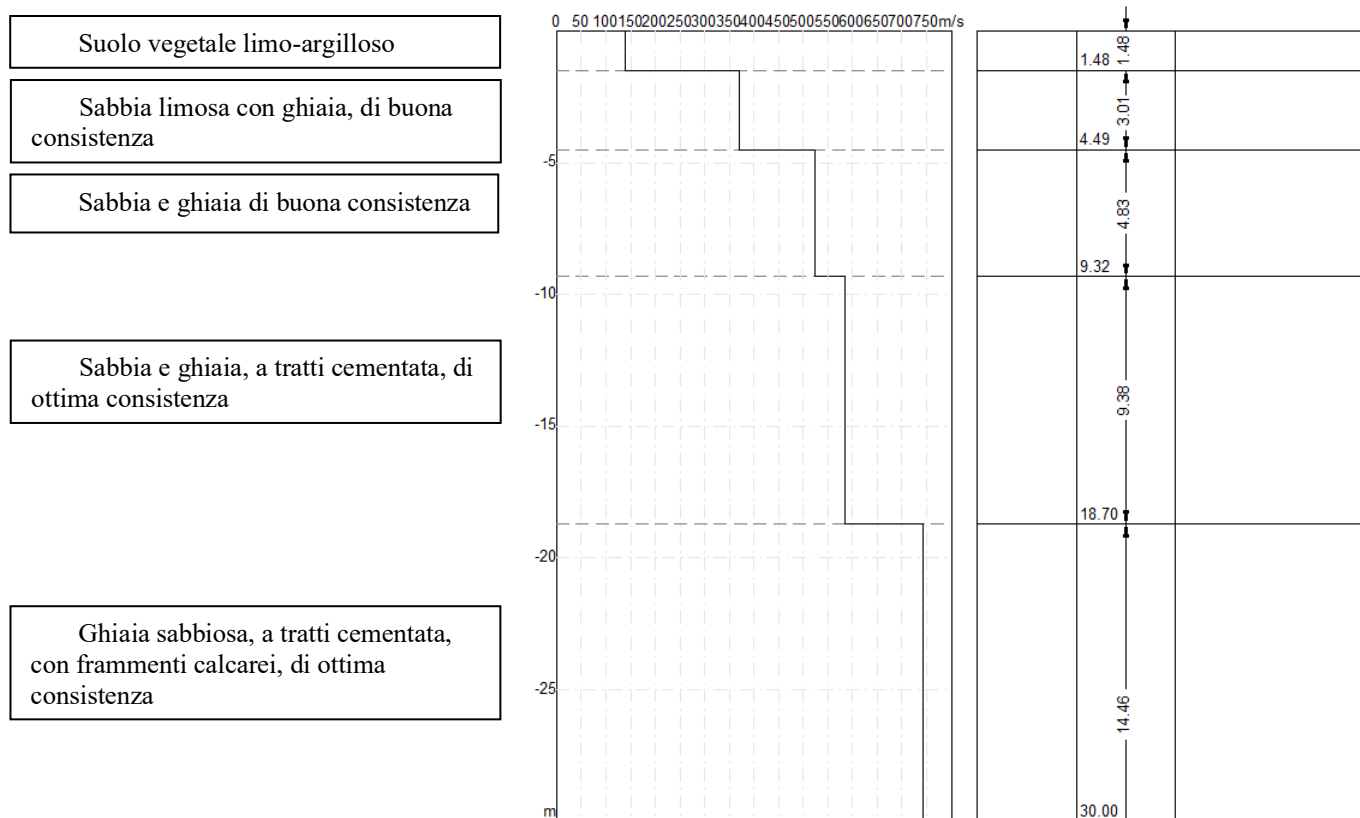
DISS 3.1.1: Seismogenic Source ITCS034 - Irpinia-Agri Valley				
Source Info Summary		Commentary	References	Pictures
General information				
Code	ITCS034			
Name	Irpinia-Agri Valley			
Compiled By	Fracassi, U.			
Latest Update	20/05/2010			
Parametric information				
	Parameter	Qual.	Evidence	
Min Depth (km)	1	LD	Based on geological and seismological data from various authors.	
Max Depth (km)	14	LD	Based on geological and seismological data from various authors.	
Strike (deg)	300 - 320	LD	Based on geological and seismological data from various authors.	
Dip (deg)	50 - 70	LD	Based on geological and seismological data from various authors.	
Rake (deg)	260 - 280	LD	Based on geological and seismological data from various authors.	
Slip Rate (mm/y)	0.1 - 1	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.	
Max Magnitude (Mw)	6.8	OD	Derived from maximum magnitude of associated individual source(s).	
Q-keys: LD = Literature Data; OD = Original Data; ER = Empirical Relationship; AR = Analytical Relationship; EJ = Expert Judgement				
Associated Active Faults or Folds				
#	Type	Name	Reference	
21	Fault	Mandranello-Mandrano	Maschio et al. [2005]	
22	Fault	Campolongo	Maschio et al. [2005]	
23	Fault	Zi Gregorio	Maschio et al. [2005]	
24	Fault	Magorno	Maschio et al. [2005]	
25	Fault	Tramutola	Maschio et al. [2005]	
26	Fault	Mt. Aquila	Maschio et al. [2005]	
71	Fault	Irpinia 1	Pantosti & Valensise [1990]	
72	Fault	Irpinia 2	Pantosti & Valensise [1990]	
73	Fault	Irpinia 3	Pantosti & Valensise [1990]	
74	Fault	Irpinia 4	Pantosti & Valensise [1990]	
75	Fault	Irpinia 5	Pantosti & Valensise [1990]	
76	Fault	Irpinia 6	Pantosti & Valensise [1990]	
77	Fault	Irpinia 7	Pantosti & Valensise [1990]	

NATURA E CARATTERISTICHE DEL SUOLO INVESTIGATO

L'indagine per la valutazione delle strutture tecniche dei terreni, oltre al rilevamento geologico, è stata indirizzata alla valutazione del piano d'appoggio della struttura.

L'area, dall'assetto morfologico sub-pianeggiante, è costituita da terreni ascrivibili all'Unità quaternaria di copertura con variabilità litologica accentuata sia verticale che orizzontale.

Le risultanze della MASW-GRM, le correlazioni con i dati del rilevamento geologico e i dati di precedenti sondaggi nell'area di studio ha permesso le correlazioni stratigrafiche che hanno portato alla redazione della seguente stratigrafia:



CONCLUSIONI

Per incarico ricevuto dal Comune di San Gregorio Magno è stata redatta una **relazione sismica**, per il progetto: “**REALIZZAZIONE IMPIANTO DI DEPURAZIONE DI SAN GREGORIO MAGNO**”, in loc. Filette.-San Gregorio Magno (SA). Con lo scopo di fornire le informazioni necessarie ai fini della caratterizzazione sismica dei terreni, della determinazione delle loro caratteristiche e del loro assetto lito-stratigrafico.

La struttura, facente parte di un progetto più ampio, è ubicata nel Foglio n. 20, in prossimità del Vallone Taverne, nel Comune di San Gregorio Magno (SA) e nel Foglio n.199 (Potenza) della Carta Geologica d'Italia in scala 1: 100.000.

Al fine di determinare le caratteristiche sismiche e geotecniche dei terreni interessati dalla struttura si è proceduti nel seguente modo:

- **Ricerca bibliografica preliminare**
- **Reperimento della cartografia geologica e tematica esistente**
- **Rilevamento geologico speditivo** dell'area di intervento e di una significativa porzione di territorio circostante, quale strumento indispensabile sia per la caratterizzazione litostratigrafica che litotecnica dei terreni superficiali
- **Prospezione geosismica MASW-GRM**

Lo studio è stato, inoltre, eseguito tenendo conto delle prescrizioni contenute nella:

- Legge Regionale 7 febbraio 1983 n° 9, artt. 14 e 15-Norme per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di difesa del territorio dal rischio sismico.
- NTC 2018 del 17 gennaio 2018

Secondo i calcoli è risultato che:

COORDINATE DEL SITO: (WGS84 UTM)

Latitudine 40.66642[°]

Longitudine 15.36394[°]

LITOLOGIA PREVALENTE: **Depositi eluvio-colluviali e fluviali**

ZONA SISMICA: 1

CLASSE D'USO: 4

COEFFICIENTE D'USO: 2

VITA NOMINALE: **≥50 ANNI**

CATEGORIA TOPOGRAFICA: **T1**

PERIODO DI RIFERIMENTO: **≥100 ANNI**

Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)	506.42
Categoria del suolo	B

CATEGORIA DI SOTTOSUOLO: B

La categoria di suolo di fondazione, in base all'indagine sismica a rifrazione e alla MASW, è risultata:

CATEGORIA DI SOTTOSUOLO: B

Per il calcolo dell'accelerazione massima attesa al sito si fa riferimento alla seguente formula (NTC cap. 7.11.3) riferita allo Stato Limite SLV

$$a_{gmax} = S_s * S_t * a_g$$

$$S_s = 1,092$$

$$S_t = 1,000$$

$$a_g = 0,331$$

$$a_{gmax} = 0,361452$$

a_{gmax} è pertanto pari a 0,361452

L'analisi delle condizioni di stabilità dei pendii in condizioni sismiche può essere eseguita mediante metodi pseudostatici, metodi degli spostamenti e metodi di analisi dinamica.

Nelle analisi, si deve tenere conto dei comportamenti di tipo fragile, che si manifestano nei terreni a grana fina sovraconsolidati e nei terreni a grana grossa addensati con una riduzione della resistenza al taglio al crescere delle deformazioni. Inoltre, si deve tener conto dei

possibili incrementi di pressione interstiziale indotti in condizioni sismiche nei terreni saturi. Nei metodi pseudo statici l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, costante nello spazio e nel tempo, proporzionale al peso W del volume di terreno potenzialmente instabile. Tale forza dipende dalle caratteristiche del moto sismico atteso nel volume di terreno potenzialmente instabile e dalla capacità di tale volume di subire spostamenti senza significative riduzioni di resistenza. Nelle verifiche allo stato limite ultimo, in mancanza di studi specifici, le componenti orizzontale e verticale di tale forza possono esprimersi come $F_h = k_h \cdot W$ ed $F_v = k_v \cdot W$, con k_h e k_v rispettivamente pari ai coefficienti sismici orizzontale e verticale:

$$k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{\max}}{g}$$

$$k_v = \pm 0,5 \cdot k_h$$

dove

β_s = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

a_{\max} = accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g = accelerazione di gravità.

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale, l'accelerazione massima attesa al sito può essere valutata con la relazione

Quindi

$K_h = 0,10316672782874617737003058103976$ (coeff. azione sismica orizzontale)

$K_v = 0,05158336391437308868501529051988$ (coeff. azione sismica verticale)

Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_g(g) \leq 0,1$	0,20	0,20

Il calcolo dello spostamento del terreno

La formula utilizzata è la seguente:

$$d_g = 0,025 \cdot S \cdot T_C \cdot T_D \cdot a_g$$

$$d_g = 0,025 \cdot 1,092 \cdot 0,518 \cdot 2,926 \cdot 0,331 = \mathbf{0,0136960307484 \text{ m}}$$

Il calcolo della velocità del terreno

La formula utilizzata è la seguente:

$$v_g = 0,16 \cdot S \cdot TC \cdot a_g$$

$$v_g = 0,16 \cdot 1,092 \cdot 0,518 \cdot 0,331 = \mathbf{0,02995714176 \text{ m/s}}$$

Collasso per slittamento

In conformità con i criteri di progetto allo SLU, la stabilità della fondazione deve essere verificata rispetto al collasso per slittamento, oltre a quello per rottura generale. Rispetto al collasso per slittamento la resistenza viene valutata come somma di una componente dovuta all'adesione e una dovuta all'attrito fondazione-terreno; la resistenza laterale derivante dalla spinta passiva del terreno può essere messa in conto secondo una percentuale indicata dal professionista. La formula specifica per il calcolo della resistenza per attrito di calcolo è:

$$F_{RD} = N_{SD} \cdot \tan \varphi + c' \cdot A$$

Nella quale N_{SD} è il valore di calcolo della forza verticale, δ è l'angolo di resistenza al taglio alla base della trave rovescia, c' è l'adesione fondazione-terreno e A è l'area della fondazione efficace intesa in caso di carichi eccentrici, ridotta al centro della quale è applicata la risultante.

Poiché non è noto con precisione il valore della forza verticale N_{SD} , si rimanda al progettista la verifica di stabilità globale utilizzando l'approccio 1 combinazione 2 ($A2+M2+R2$) e la verifica per scorrimento sul piano di posa utilizzando la combinazione ($A1+M1+R3$) definita nelle nuove NTC 2018.

La resistenza laterale di calcolo derivante dalla spinta del terreno sulla faccia laterale del plinto, può essere tenuta in conto a condizione che vengano presi adeguati provvedimenti in sito, quali la compattazione del terreno di riporto ai lati della trave rovescia, l'infissione di un muro verticale di fondazione nel terreno, o il getto del calcestruzzo armato del plinto direttamente a contatto con una parte di scavo netta e verticale.

Per la **verifica di sicurezza contro il collasso per slittamento su una base orizzontale**, deve essere soddisfatta la disuguaglianza seguente: $V_{sd} < F_{rd} + E_{pd}$, nella quale V_{sd} è il valore di calcolo della forza orizzontale.

Il DISS fornisce un'istantanea delle presenze di faglie considerate attive allo stato attuale nell'area di interesse. La sorgente sismogenetica che passa ad Est dell'area di studio è la Irpinia-Agry-Valley che ha una magnitudo massima di 6,8, pertanto il Rischio Sismico associato alla stessa è da considerarsi come alto o molto alto.

Il presente lavoro è stato redatto ai sensi di:

- Legge Regionale 7 febbraio 1983 n° 9, artt. 14 e 15-Norme per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di difesa del territorio dal rischio sismico.
- NTC 2018 del 17 gennaio 2018

Dopo i dati e le informazioni ricavate dalla pratica locale, si ritiene che l'opera possa essere realizzata.

Atena Lucana, febbraio 2020

Collaboratore
Dott. Geol. Angelo Nicola Giuliano

Il Direttore Tecnico
Dott. Geol. Francesco Di Gruccio

DICHIARAZIONE SOSTITUTIVA DELL'ATTO DI NOTORIETÀ
Riguardante stati, qualità personali o fatti giuridicamente rilevanti
(Art. 47 D.P.R. 28/12/2000 n. 445)

Il sottoscritto **Francesco DI GRUCCIO** nato a Teggiano il 28/01/1947, ed ivi residente alla Via Fosso San Martino, Prato Perillo di Teggiano (SA), iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione Campania col N. 169, in qualità di Direttore Tecnico della Geotest s.r.l. con sede Legale e laboratorio in Atena Lucana (SA) alla Via S.S. 19 delle Calabrie km 61+500;

DICHIARA

che la relazione sismica, redatta per conto del Comune di San Gregorio Magno relativa ai lavori di **"REALIZZAZIONE IMPIANTO DI DEPURAZIONE DI SAN GREGORIO MAGNO"**, sito in loc. Filette, San Gregorio Magno (SA), cui si allega la presente, è conforme alle seguenti disposizioni legislative:

- Legge Regionale 7 febbraio 1983 n° 9, artt. 14 e 15-Norme per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di difesa del territorio dal rischio sismico.
- Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni NTC 2018 del 17 gennaio 2018


Il sottoscritto si assume la piena, incondizionata e totale responsabilità di quanto scritto.

Il sottoscritto dichiara di essere a conoscenza delle sanzioni penali cui incorre in caso di dichiarazione mendace contenente dati non rispondenti a verità, come previsto dall'art. 76 del D.P.R. 28/12/2000 n. 445. Il sottoscritto dichiara di essere a conoscenza dell'art. 75 del D.P.R. 28/12/2000, n. 445 relativo alla decadenza dei benefici eventualmente conseguenti al provvedimento emanato qualora l'Amministrazione, a seguito di controllo, riscontri la non veridicità del contenuto della suddetta dichiarazione. Il sottoscritto ai sensi dell'art. 10 della legge 675/96 (tutela della persona e di altri soggetti rispetto al trattamento dei dati personali) accorda il consenso affinché i propri dati possano essere trattati ed essere oggetto di comunicazione a terzi al fine di provvedere agli adempimenti di obblighi di legge.

Il sottoscritto allega fotocopia di documento di identità in corso di validità.

Atena Lucana, 17/02/2020

Il Direttore Tecnico
Dott. Geol. Francesco Di Gruccio





GEOTEST S.r.l.
Laboratorio • Studio Geologico Tecnico

LABORATORIO: PROVE SU MASSIMI DA COSTRUZIONE • PROVE GEOTECNICHE
SUI TERRENI E SULLE ROCCE • PROVE ED ANALISI PER MARCATURA CE PER
AGGREGATI • PROVE ED ANALISI SUI BITUMI E CONGLOMERATI BITUMINOSI
• COLLAUDI • DIAGNOSTICA • MONITORAGGIO • SORVEGLIANZA • PROVE E
CONTROLLI NON DISTRUTTIVI • PROVE IN SITO • PROVE GEOTECNICHE • SONDAGGI
MECCANICI E PROVE IN FONDO • LABORATORIO MOBILE PER CONTROLLI DI QUALITÀ
STUDIO GEOLOGICO TECNICO: GEOLOGIA • GEOLOGIA APPLICATA ALL'INGEGNERIA
• GEOLOGIA URBANISTICA E TERRITORIALE • GEOLOGIA AMBIENTALE E SANITARIA
• GEOTECNICA • IDROGEOLOGIA • GEOTECNICA • SONDAGGI GEODINAMICI

DOSSIER: GID 67/19

RELAZIONE SISMICA

REALIZZAZIONE IMPIANTO DI DEPURAZIONE DI SAN GREGORIO MAGNO

COMUNE DI SAN GREGORIO MAGNO - (PROVINCIA di
SALERNO)

LOCALITÀ : PIÈ DELLA VIGNA

COMMITTENTE: COMUNE DI SAN GREGORIO MAGNO

Atena Lucana, dicembre 2019

Collaboratore
Dott. Geol. Angelo Nicola Giuliano

Il Direttore Tecnico
Dott. Geol. Francesco Di Gruccio

Sede Legale e laboratorio:

S.S. 19 delle Calabrie km 61+500 - 84030 Atena Lucana (SA) - info@geotest.it - tel/fax 0975374072 - cell 3803125804 - cell 3486904890
cod. fisc. / part. I.V.A. / n. iscriz. Reg. Imp. di Salerno: 03786890651 - R.E.A. 320856 - Cap. Soc. I.V. euro 119.000,00

SOMMARIO

CAPITOLO 1.....	3
PREMESSA.....	3
CAPITOLO 2.....	4
INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....	4
INDAGINE SISMICA.....	7
CAPITOLO 3.....	28
CARATTERIZZAZIONE SISMICA	28
RISCHIO SISMICO NEL DISS (DATABASE OF INDIVIDUAL SEISMOGENIC SOURCES)-INGV	40
CAPITOLO 4.....	40
NATURA E CARATTERISTICHE DEL SUOLO INVESTIGATO	41
CAPITOLO 5.....	42
CONCLUSIONI.....	42

PREMESSA

Per incarico ricevuto dal Comune di San Gregorio Magno è stata redatta una **relazione sismica**, per il progetto: “**REALIZZAZIONE IMPIANTO DI DEPURAZIONE DI SAN GREGORIO MAGNO**”, in loc. Piè delle Vigne e Area P.I.P.-San Gregorio Magno (SA). Con lo scopo di fornire le informazioni necessarie ai fini della caratterizzazione sismica dei terreni, della determinazione delle loro caratteristiche e del loro assetto lito-stratigrafico.

La struttura è ubicata nel Foglio n. 36, part. n. 576, nel Comune di San Gregorio Magno (SA) e nel Foglio n.199 (Potenza) della Carta Geologica d'Italia in scala 1: 100.000.

Al fine di determinare le caratteristiche sismiche e geotecniche dei terreni interessati dalla struttura si è proceduti nel seguente modo:

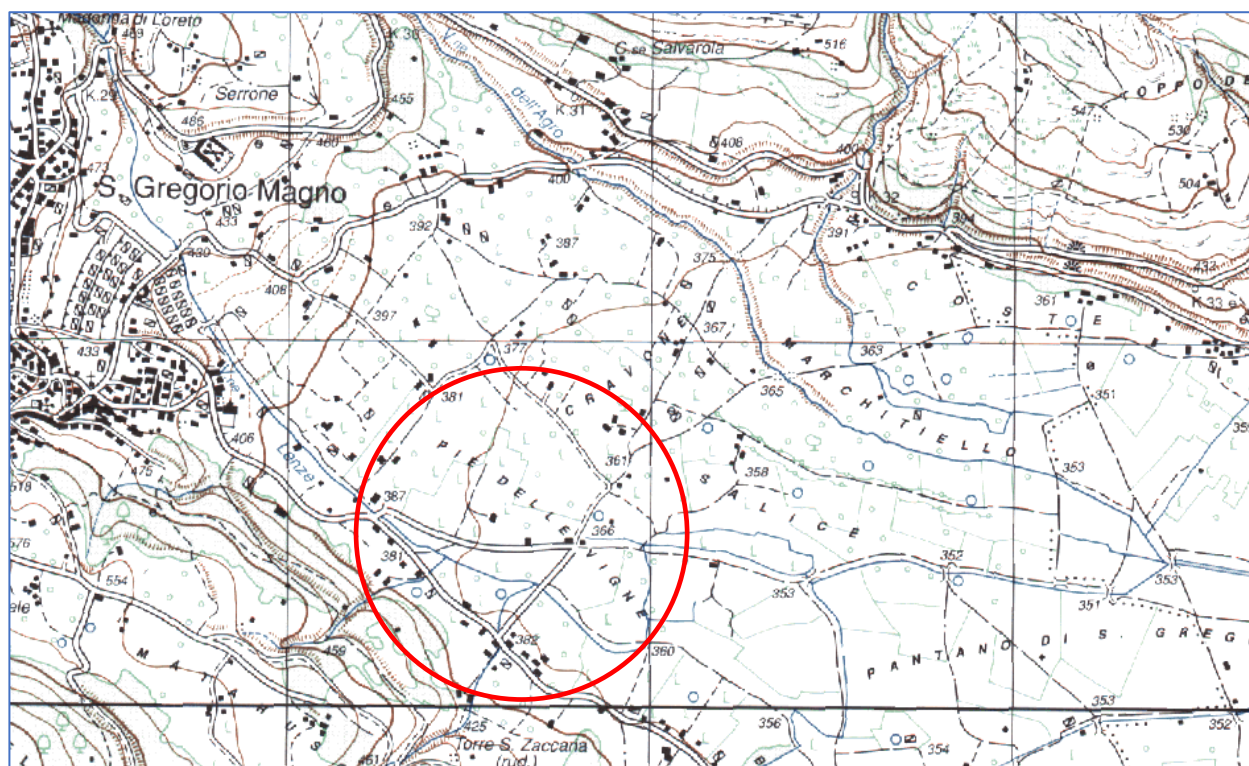
- **Ricerca bibliografica preliminare**
- **Reperimento della cartografia geologica e tematica esistente**
- **Rilevamento geologico speditivo** dell'area di intervento e di una significativa porzione di territorio circostante, quale strumento indispensabile sia per la caratterizzazione litostratigrafica che litotecnica dei terreni superficiali
- **Prospezione geosismica MASW-GRM**

Lo studio è stato, inoltre, eseguito tenendo conto delle prescrizioni contenute nella:

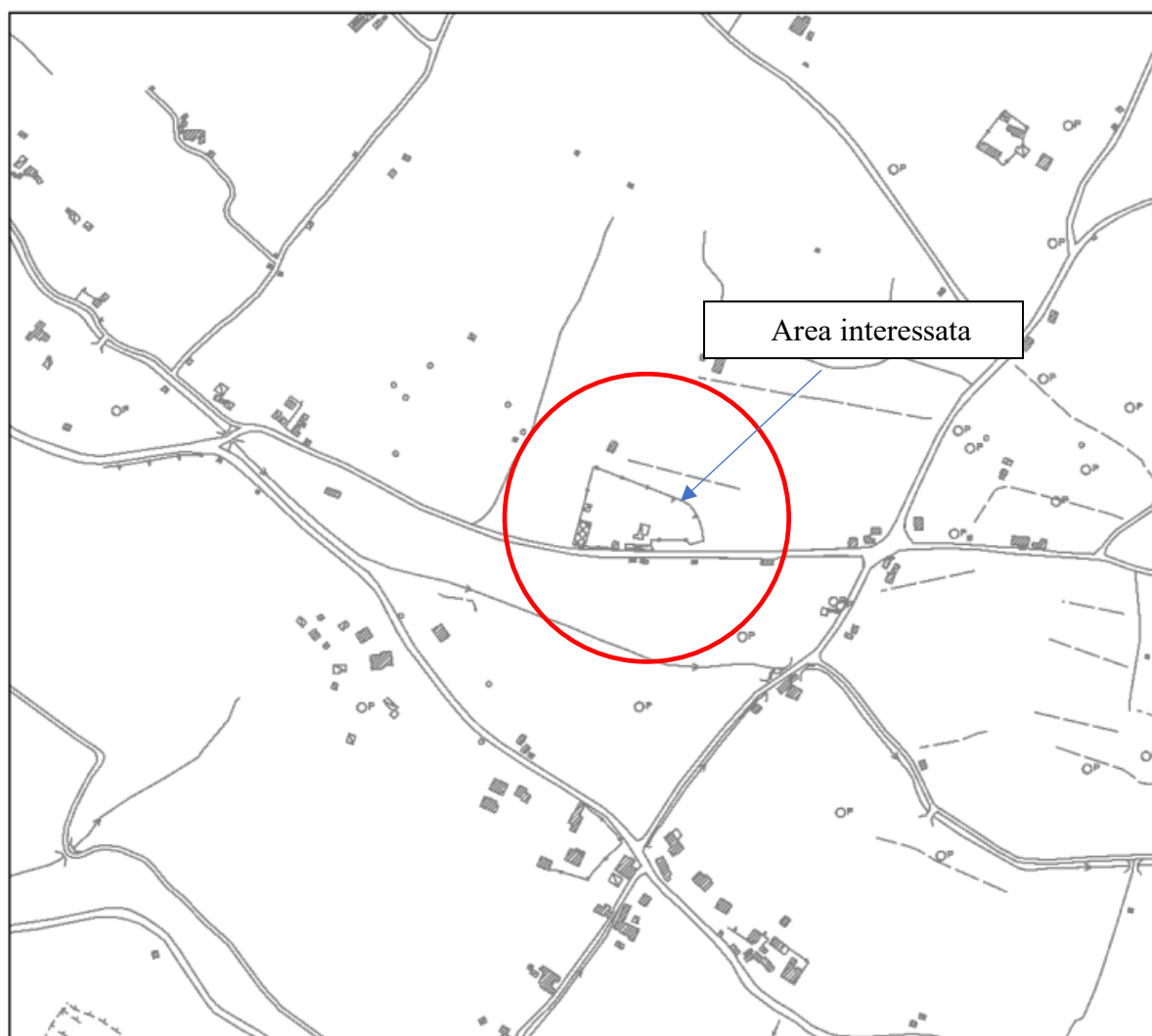
- Legge Regionale 7 febbraio 1983 n° 9, artt. 14 e 15-Norme per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di difesa del territorio dal rischio sismico.
- NTC 2018 del 17 gennaio 2018

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area interessata dal progetto, è ubicata in loc. Piè delle Vigne-Area P.I.P., San Gregorio Magno (SA). Il paese è situato nell'Alta valle del Tanagro, al confine con la Basilicata ed è topograficamente individuabile nel Foglio n° 198 I NE-Buccino-IGM della Carta ufficiale dell'Istituto Geografico Militare, scala 1: 25.000 riportato in stralcio nella figura seguente.



Carta Tecnica Regionale



150m

1:5.000

Comune di San Gregorio Magno-Foglio 36, part. 576-Ubicazione MASW-GRM

Catasto ortofoto



30m

1:1.000

INDAGINE SISMICA

Ai fini della conoscenza geofisica dell'area di studio è stata eseguita una prospezione geofisica MASW-GRM.

SISMICA A RIFRAZIONE

La tecnica della sismica a rifrazione è una delle più usate nelle applicazioni di ingegneria civile, anche in considerazione del fatto che a differenza di altri metodi non sfrutta campi di forza naturali, ma richiede in genere l'immissione nel terreno di una certa quantità di energia la cui intensità, come pure la distanza fra sorgente e apparecchi di misura, può essere regolata per rispondere nel modo più esauriente possibile alle diverse problematiche.

L'indagine consiste nel generare in un punto preciso del terreno delle onde sismiche e di misurare ad intervalli regolari i tempi di arrivo ai sensori (geofoni), collocati lungo il profilo sismico. Attraverso lo studio dei tempi di percorso e quindi delle velocità delle onde, si può ricostruire la geometria degli strati presenti al di sotto della zona di indagine.

Le onde sismiche nel sottosuolo si propagano con velocità differente, a seconda delle caratteristiche fisico-elastiche degli strati attraversati. Quando un'onda sismica incontra una superficie di separazione tra due mezzi isotropi con caratteristiche elastiche diverse, una parte dell'energia si riflette nello stesso mezzo in cui si propaga l'onda incidente ed una parte si rifrange nell'altro (legge di Snell).

Per poter utilizzare il metodo è necessario che al di sotto dei terreni sciolti si trovi un orizzonte rifrattore ossia una roccia con caratteristiche fisico-meccaniche superiori tale che le velocità siano crescenti con la profondità.

L'apparecchiatura necessaria per le indagini è costituita da una serie di geofoni (generalmente 12 o 24) che vengono spazati regolarmente lungo un determinato allineamento e da un sismografo che registra l'istante di partenza della perturbazione ed i tempi di arrivo delle onde a ciascun geofono.

La registrazione, sia del momento dell'esplosione che del segnale amplificato da ciascun geofono, avviene simultaneamente su di un unico diagramma (sismogramma).

Solitamente, si hanno sismogrammi di diversi geofoni, posti a diversa distanza dalla sorgente: questi possono essere stampati in funzione del tempo e della distanza, in quelle che vengono definite "registrazioni di scoppio" (shot records). La variazione Tempo / Distanza è detta "scostamento" (moveout).

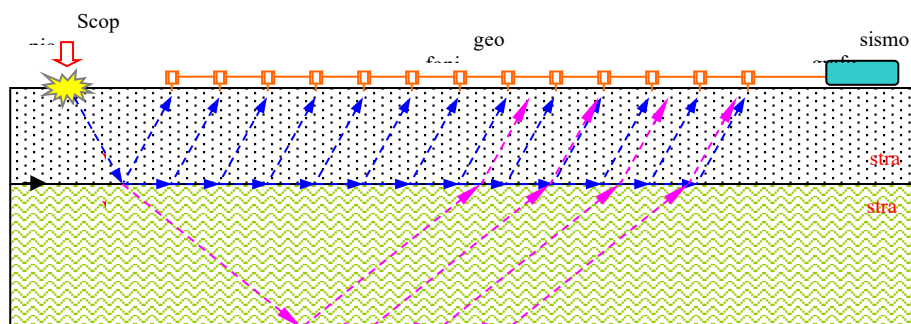


Fig. 1 – Rappresentazione schematica della propagazione delle velocità (V_P) nel sottosuolo e loro registrazione.

Il diagramma che rappresenta i tempi di propagazione delle onde sismiche in funzione della distanza del punto di emissione si definisce "curva di propagazione" o "dromocrona" ("travel time curve").

Ciò che essenzialmente conta, per il metodo a rifrazione, è identificare il tempo di arrivo della prima onda in ogni geofono ("first break picking").

CARATTERISTICHE DELLA STRUMENTAZIONE

SISMOGRAFO M.A.E. X610-S



Convertitori: risoluzione 24 bit, tecnologia sigma-delta

- Range dinamico: 144 dB (teorico)
- Distorsione massima: $\pm 0.0010\%$
- Banda passante: 2Hz-30KHz
- Common mode rejection: 110 dB a 60 Hz
- Diafonia: -120dB a 20 Hz
- Soglia di rumore dell'amplificatore programmabile: 27nV
- Precisione del trigger: 1/30 del tempo di campionatura
- Range massimo segnale in ingresso: $\pm 5V$
- Impedenza di ingresso a 1000 campioni /secondo: 20Mohm
- Livelli di amplificazione: 0 dB, 6 dB, 12 dB, 18 dB, 24 dB, 30 dB, 36 dB impostabili singolarmente per ogni canale o per gruppi di canali liberamente organizzabili

Dati tecnici:

Risoluzione acquisizione	<i>24 bit con sovracampionamento</i>
Trattamento dati	<i>Floating Point 32 bit</i>
Numero di canali	<i>48-72</i>
Compatibilità dati acquisiti	<i>SEG-2 standard (32-bit long integer) o ASCII</i>
Accuratezza	<i>$\pm 0.01 \%$</i>
Geofono	<i>4,5 Hz</i>
Software	<i>EASY REFRACT-GEOSTRU</i>

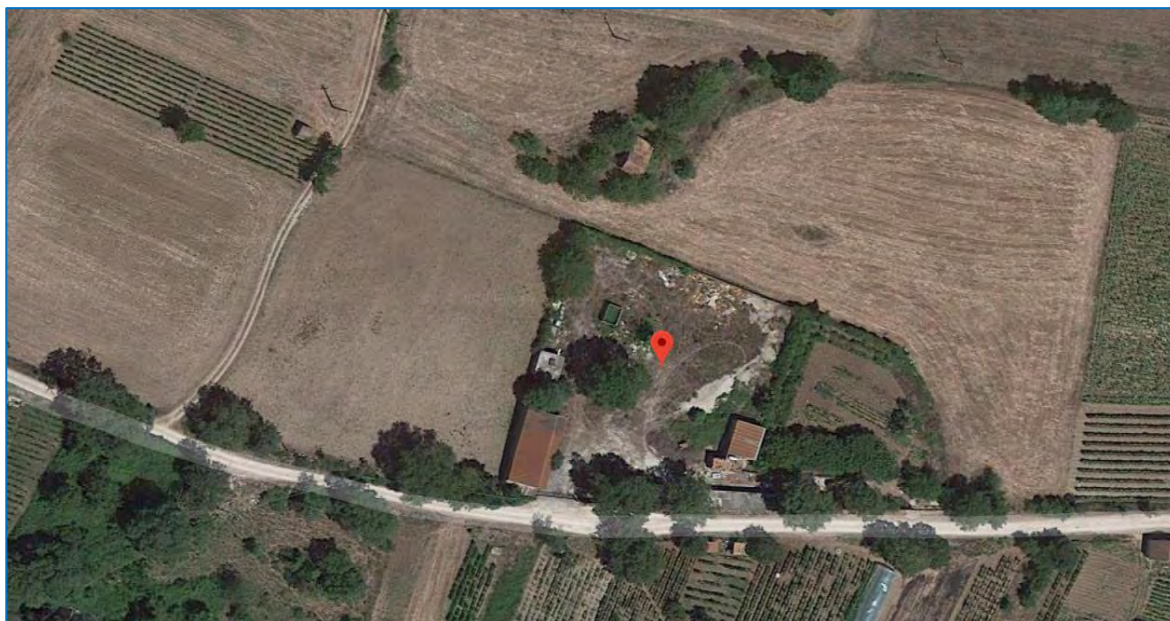
INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI

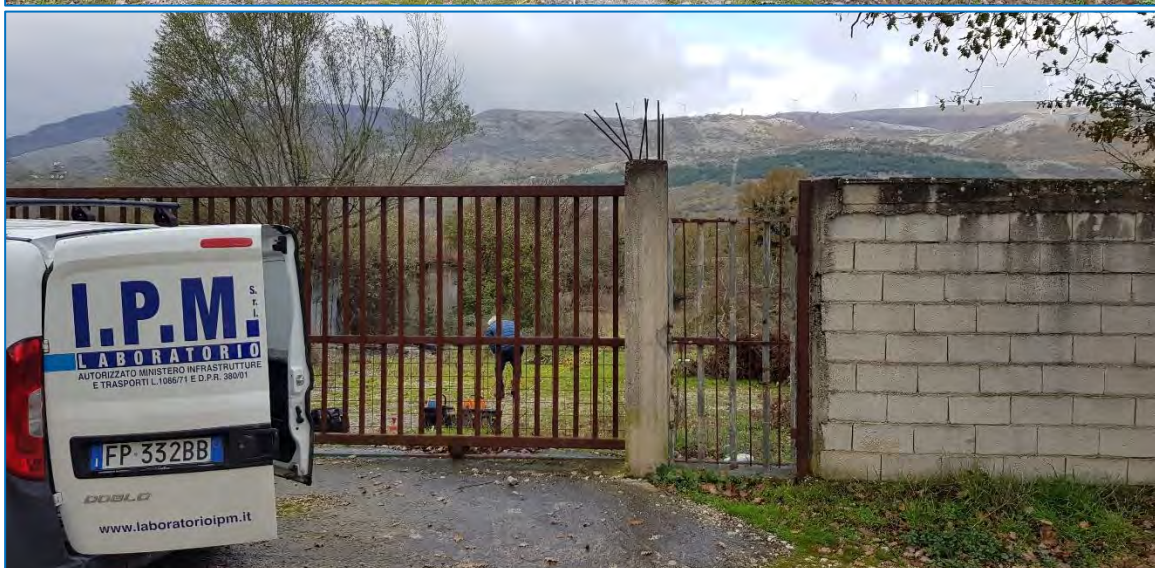
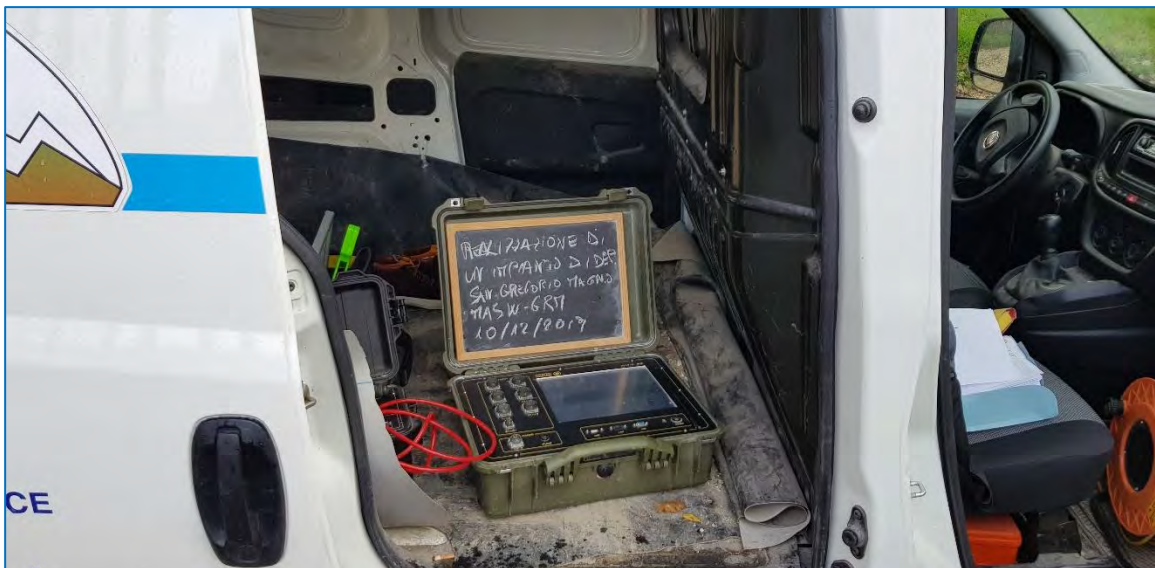
I sondaggi di sismica a rifrazione sul sito investigato sono stati elaborati ed interpretati utilizzando il software EASY REFRACT della GEOSTRU.

La prima fase dell'elaborazione consiste nella determinazione dei “Primi Arrivi” adottando diverse metodologie, dalla cross-correlation alla wavelet-analysis, reiterando il procedimento per raffinare i risultati ottenuti con continui controlli della compatibilità tra i tempi identificati e quelli derivati dall'interpolazione dei geofoni adiacenti. La seconda fase consiste nel calcolo delle dromocrone ovvero delle rette che presentano il miglior coefficiente di correlazione con i tempi dei Primi Arrivi precedentemente determinati.

Dati generali

Descrizione	Realizzazione impianto di depurazione di san Gregorio Magno
Committente	Comune di San Gregorio Magno
Operatore	Dott. Geol. Angelo Nicola Giuliano
Responsabile	Dott. Geol. Francesco Di Gruccio
Data	11/12/2019
Via	Piè delle Vigne
Latitudine	40.652601[°]
Longitudine	15.420013[°]
Altitudine	371[m]





Geometria geofoni

	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	0.0	0.0
2	2.0	0.0
3	4.0	0.0
4	6.0	0.0
5	8.0	0.0
6	10.0	0.0
7	12.0	0.0
8	14.0	0.0
9	16.0	0.0
10	18.0	0.0
11	20.0	0.0
12	22.0	0.0
13	24.0	0.0
14	26.0	0.0
15	28.0	0.0
16	30.0	0.0
17	32.0	0.0
18	34.0	0.0
19	36.0	0.0
20	38.0	0.0
21	40.0	0.0
22	42.0	0.0
23	44.0	0.0
24	46.0	0.0

Dati battute

Battuta 1

Posizione sorgente X -3 [m]
Posizione sorgente Z 0 [m]

Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	7.6124
2.0	9.8961
4.0	12.9410
6.0	17.5084
8.0	22.0758
10.0	23.5983
12.0	25.8820
14.0	27.4045
16.0	28.9270

18.0	29.6882
20.0	31.2107
22.0	32.7332
24.0	33.4944
26.0	35.7781
28.0	37.3006
30.0	38.8230
32.0	39.5843
34.0	39.5843
36.0	41.1067
38.0	42.6292
40.0	43.3905
42.0	44.9129
44.0	47.9579
46.0	50.2416

Battuta 2

Posizione sorgente X 23 [m]

Posizione sorgente Z 0 [m]

Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	34.2556
2.0	34.2556
4.0	31.9719
6.0	30.4494
8.0	29.6882
10.0	28.9270
12.0	27.4045
14.0	23.5983
16.0	18.2697
18.0	12.1798
20.0	6.0899
22.0	0.7612
24.0	1.5225
26.0	6.8511
28.0	10.6573
30.0	13.7022
32.0	19.7921
34.0	22.0758
36.0	22.8371
38.0	25.8820
40.0	26.6433
42.0	27.4045
44.0	29.6882
46.0	31.2107

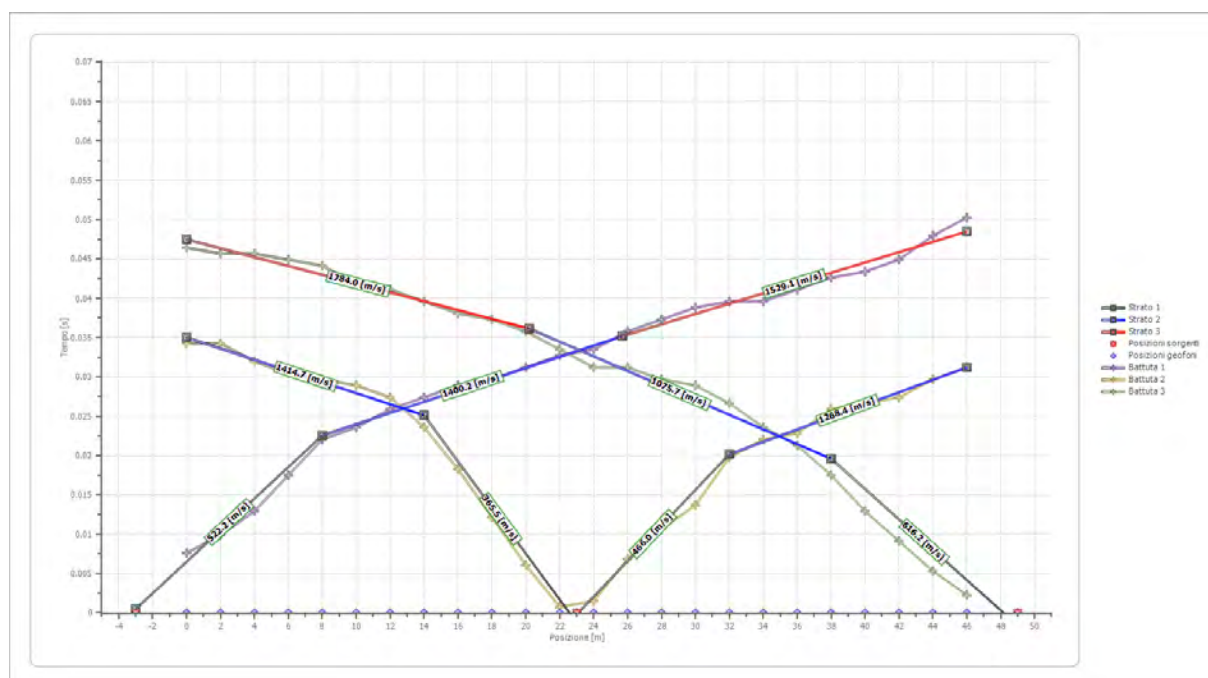
Battuta 3

Posizione sorgente X 49 [m]

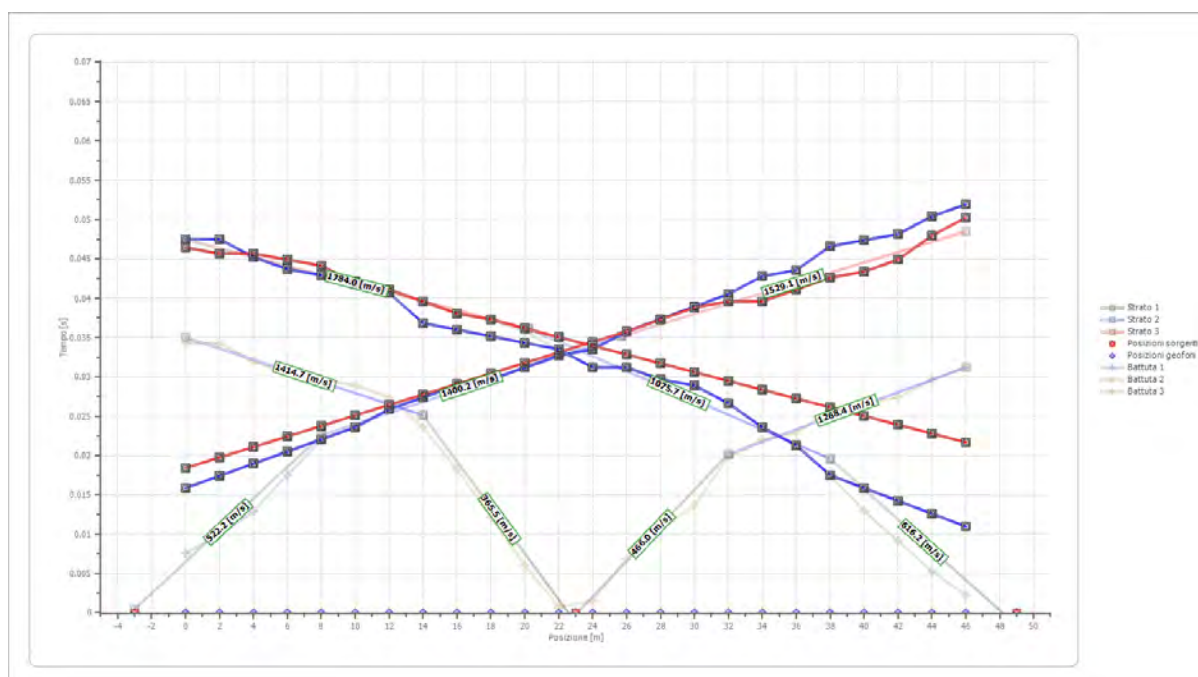
Posizione sorgente Z 0 [m]

Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	46.4354
2.0	45.6742
4.0	45.6742
6.0	44.9129
8.0	44.1517
10.0	41.8680
12.0	41.1067
14.0	39.5843
16.0	38.0618
18.0	37.3006
20.0	35.7781
22.0	33.4944
24.0	31.2107
26.0	31.2107
28.0	29.6882
30.0	28.9270
32.0	26.6433
34.0	23.5983
36.0	21.3146
38.0	17.5084
40.0	12.9410
42.0	9.1348
44.0	5.3287
46.0	2.2837

Dromocrone



Dromocrone traslate



Interpretazione col metodo G.R.M.

XY: 0

	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
G= 0.0 [m]	2.9	6.8	--
G= 2.0 [m]	3.3	6.1	--
G= 4.0 [m]	3.1	8.0	--
G= 6.0 [m]	3.1	8.6	--
G= 8.0 [m]	3.3	8.5	--
G= 10.0 [m]	3.6	7.0	--
G= 12.0 [m]	3.8	7.0	--
G= 14.0 [m]	3.1	8.6	--
G= 16.0 [m]	3.3	7.9	--
G= 18.0 [m]	3.3	8.5	--
G= 20.0 [m]	3.5	8.2	--
G= 22.0 [m]	3.7	7.9	--
G= 24.0 [m]	3.3	9.3	--
G= 26.0 [m]	3.9	7.7	--
G= 28.0 [m]	3.9	8.1	--
G= 30.0 [m]	4.1	7.9	--
G= 32.0 [m]	3.9	8.1	--
G= 34.0 [m]	3.7	7.5	--
G= 36.0 [m]	3.3	9.1	--
G= 38.0 [m]	3.1	10.1	--
G= 40.0 [m]	2.9	10.4	--
G= 42.0 [m]	2.6	11.4	--
G= 44.0 [m]	2.8	12.9	--
G= 46.0 [m]	2.8	14.1	--
Velocità [m/sec]	492.5	1270.3	1651.0
Descrizione			

Altri parametri geotecnici

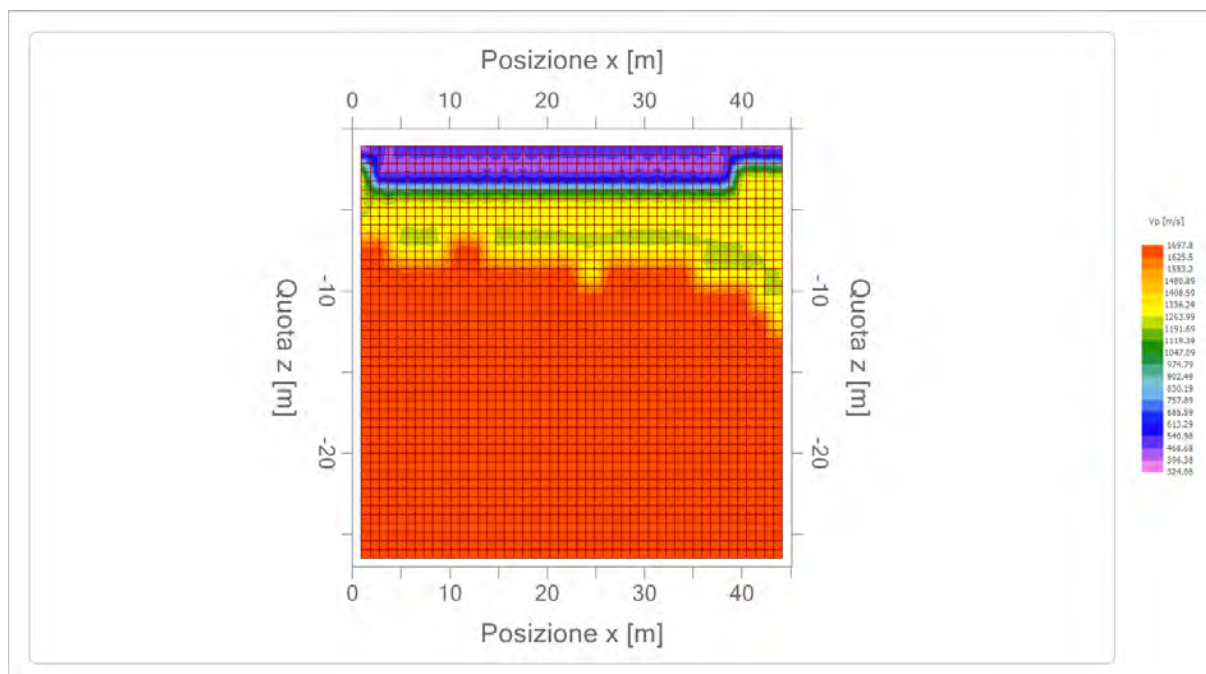
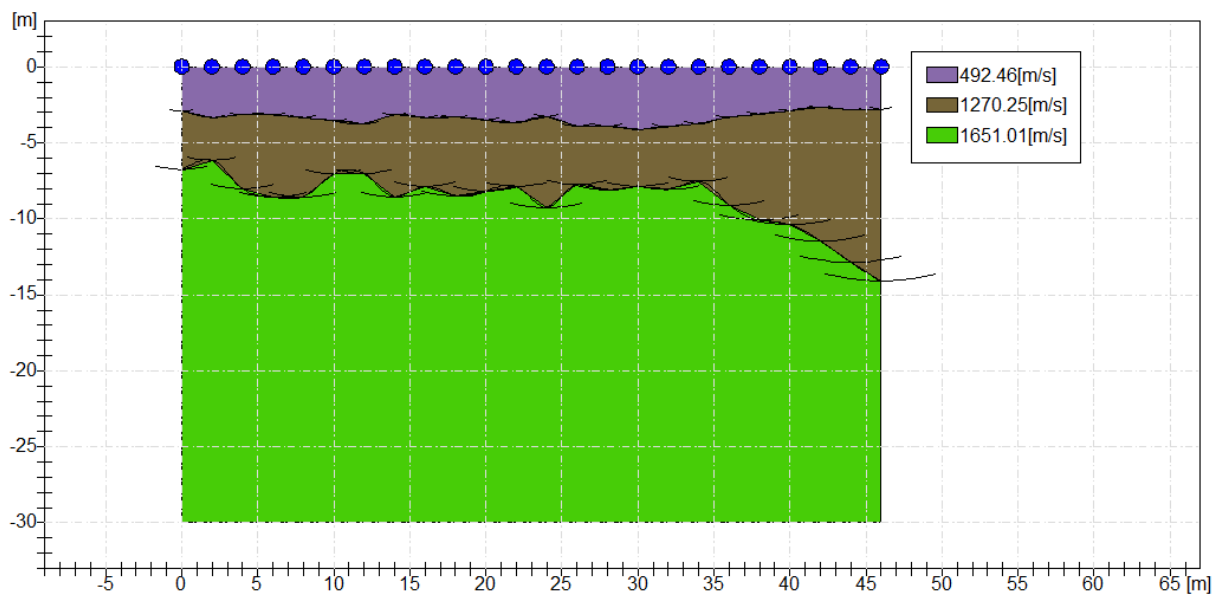
	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
Coefficiente Poisson	0.35	0.35	0.35
Densità [kg/m³]	1800.00	1800.00	1800.00
Vp [m/s]	492.46	1270.25	1651.01
Vs [m/s]	236.57	610.21	793.12
G0 [MPa]	100.74	670.24	1132.27
Ed [Mpa]	436.53	2904.38	4906.52
M0 [MPa]	335.79	2234.14	3774.25
Ey [Mpa]	271.99	1809.65	3057.14

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;



Easy MASW

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,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

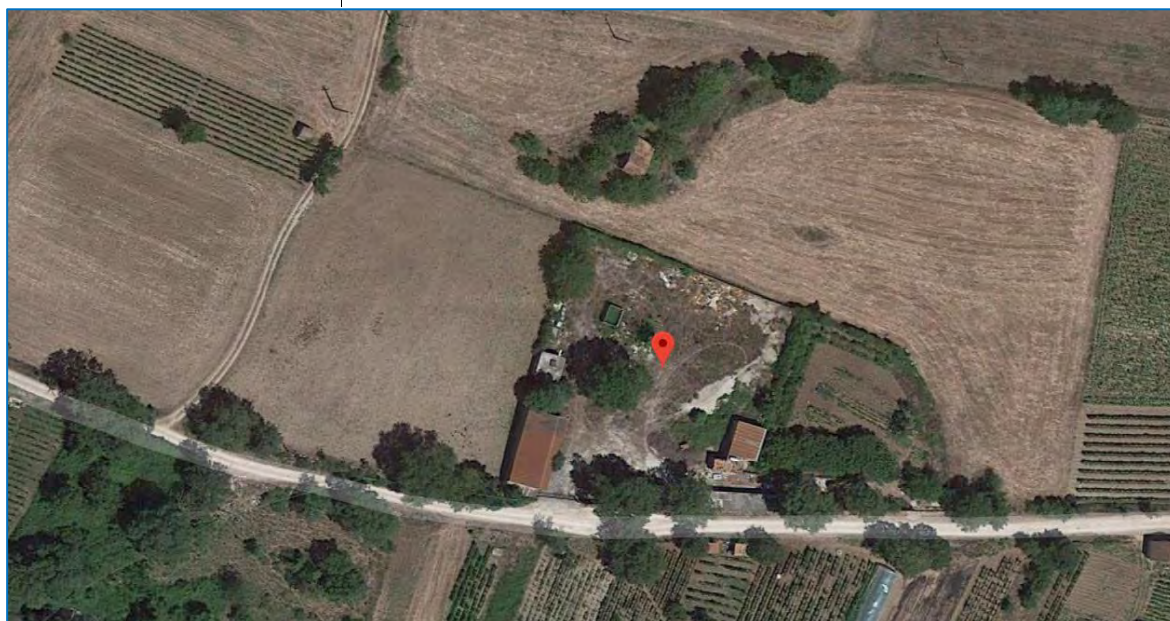
Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle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

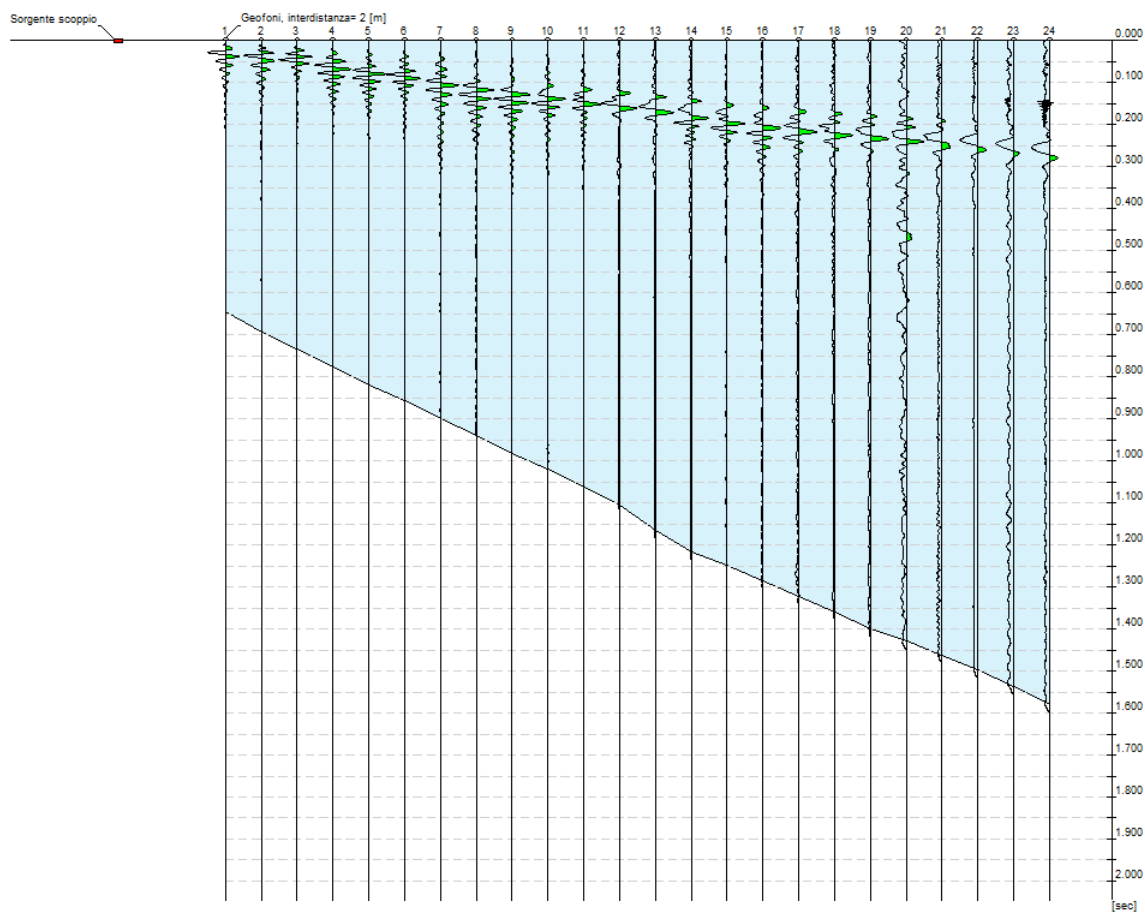
Dati generali

Committente	Comune di San Gregorio Magno
Località	San Gregorio Magno-Piè delle Vigne
Operatore	Dott. Geol. Angelo Nicola Giuliano
Responsabile	Dott. Geol. Francesco Di Gruccio
Data	11/12/2019 12:13
Latitudine	40.6526
Longitudine	15.4200



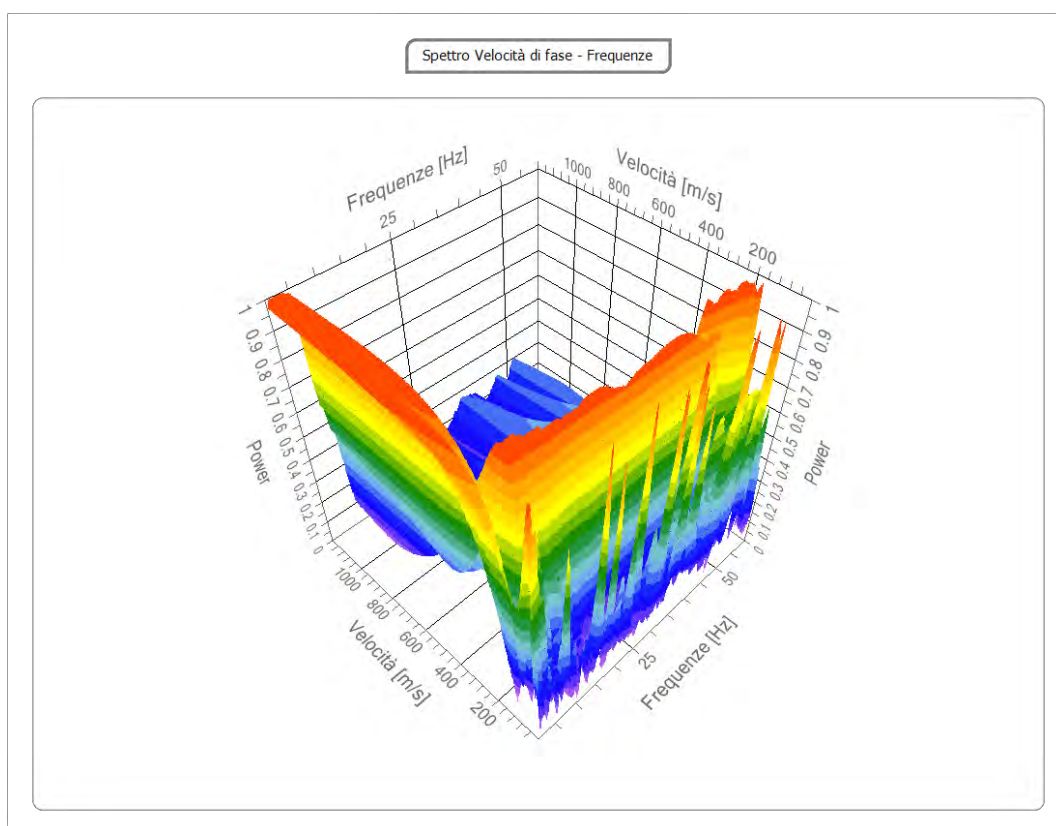
Tracce

N. tracce	24
Durata acquisizione [msec]	2048.0
Interdistanza geofoni [m]	2.0
Periodo di campionamento [msec]	1.00



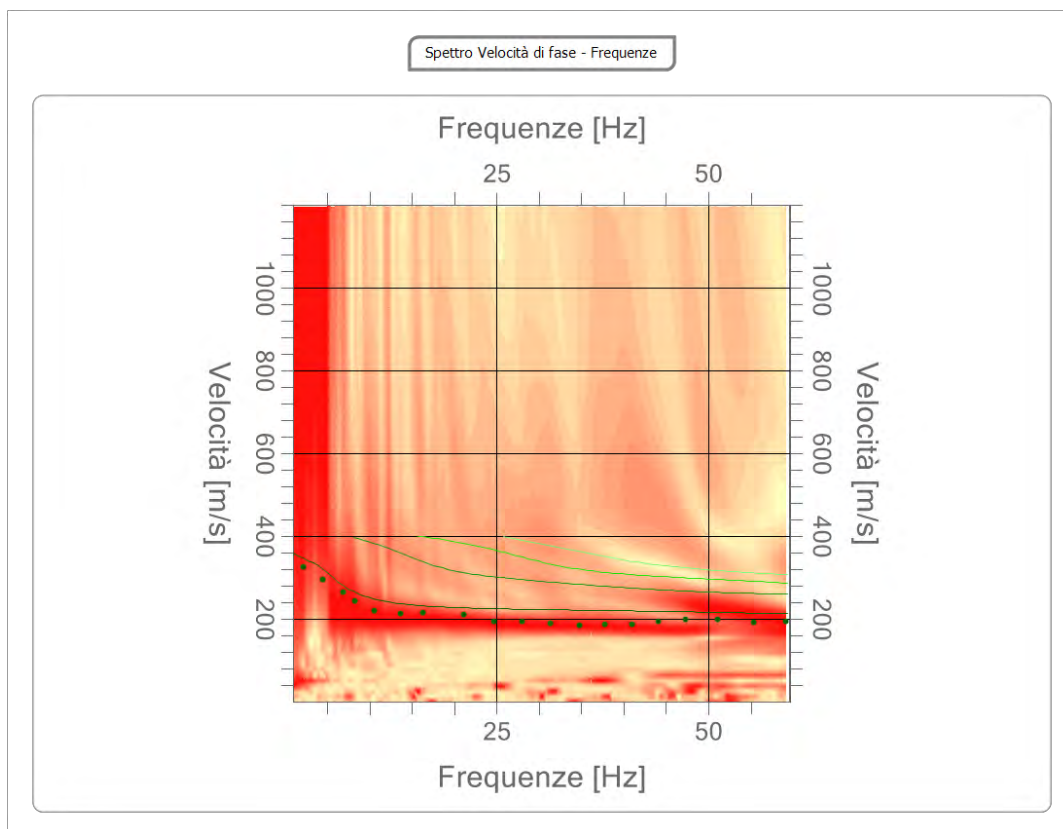
Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	60
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	1200
Intervallo velocità [m/sec]	1



Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	2.2	327.1	0
2	4.5	295.2	0
3	6.9	265.8	0
4	8.2	243.7	0
5	10.5	221.7	0
6	13.6	214.3	0
7	16.2	216.8	0
8	21.1	211.9	0
9	24.7	194.7	0
10	28.0	194.7	0
11	31.4	189.8	0
12	34.7	184.9	0
13	37.7	187.3	0
14	41.0	187.3	0
15	44.1	194.7	0
16	47.3	199.6	0
17	51.1	199.6	0
18	55.4	192.3	0
19	59.1	194.7	0



Inversione

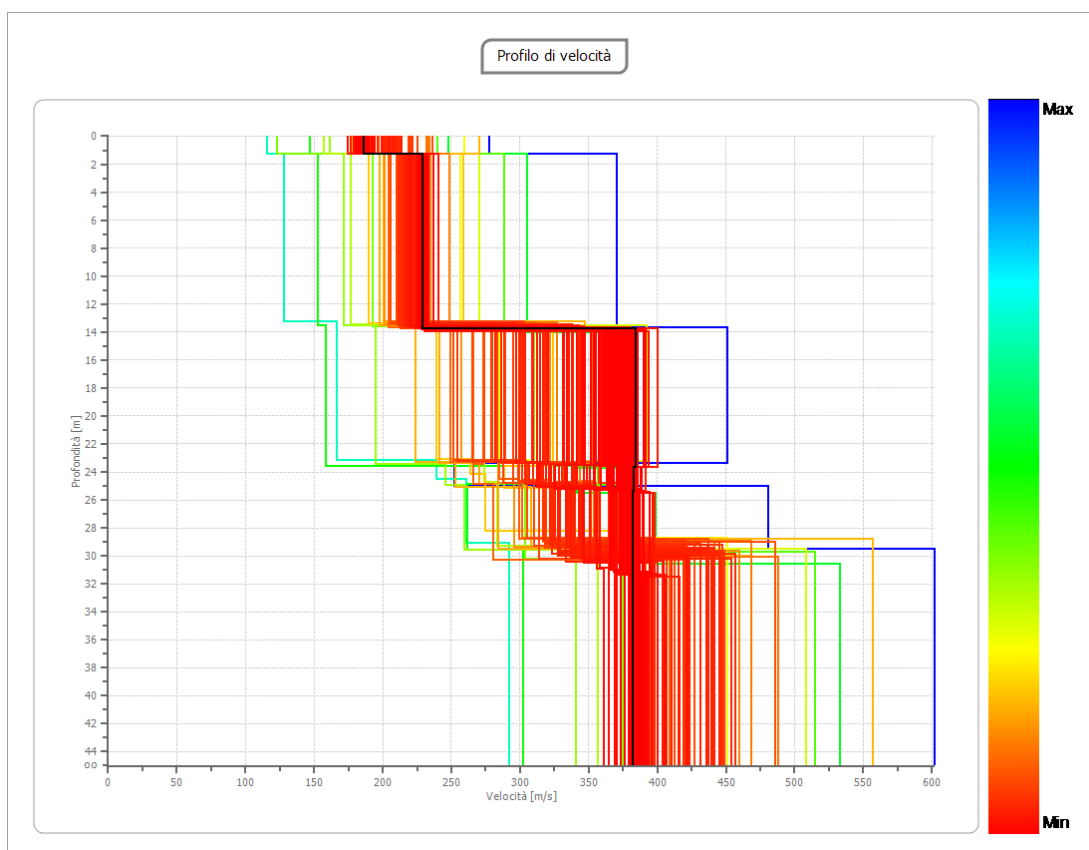
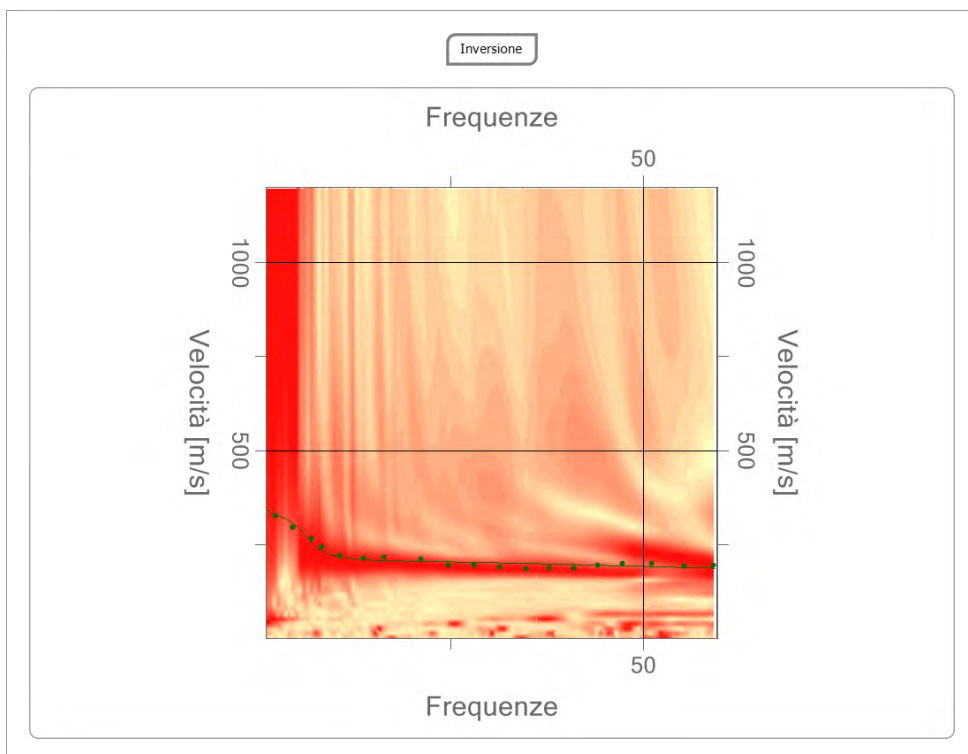
n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		1.30	1.30	1800.0	0.3	No	347.7	185.8
2		13.77	12.47	1800.0	0.3	Si	427.9	228.7
3		23.67	9.90	1800.0	0.3	Si	719.5	384.6
4		25.39	1.72	1800.0	0.3	Si	716.4	382.9
5		31.34	5.94	1800.0	0.3	Si	624.5	382.4
6		oo	oo	1800.0	0.3	Si	714.8	382.1

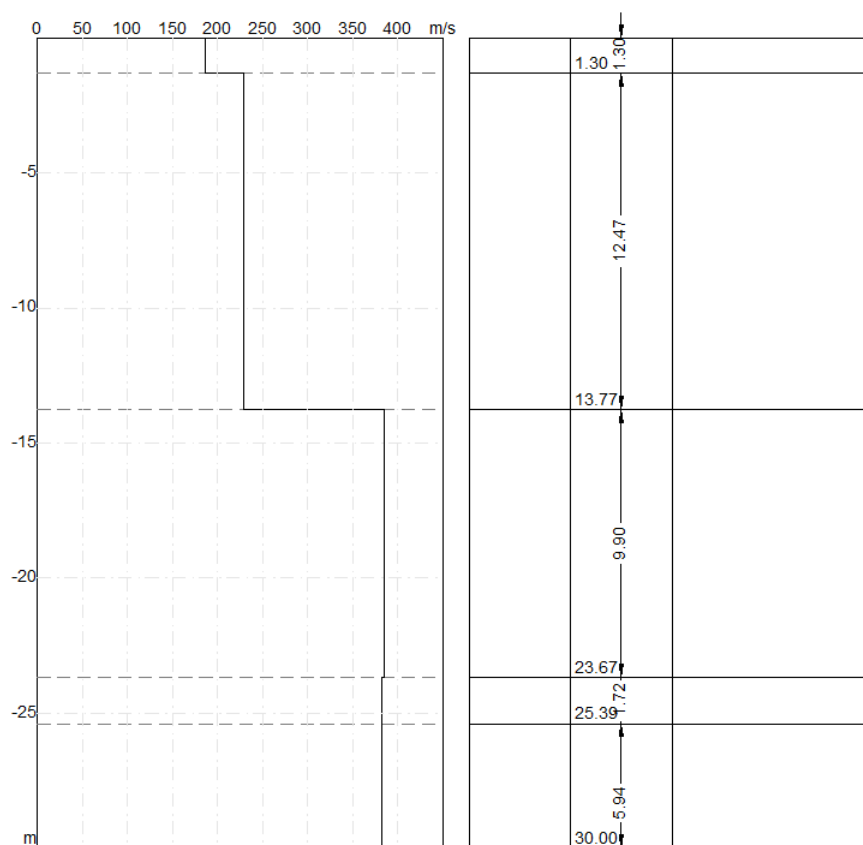
Percentuale di errore

0.147 %

Fattore di disadattamento della soluzione

0.041





Risultati

Profondità piano di posa [m]	1.00
Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)	293.52
Categoria del suolo	C

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.

Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kN/mc]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]
1	1.30	1.30	185.84	347.68	17,05	0.30	62.17	217.59	134.70	161.64
2	13.77	12.47	228.73	427.91	17,74	0.30	94.17	329.59	204.03	244.84
3	23.67	9.90	384.57	719.47	19,58	0.30	266.21	931.75	576.80	692.16
4	25.39	1.72	382.95	716.43	19,56	0.30	263.97	923.90	571.94	686.32
5	31.34	5.94	382.40	624.46	19,06	0.30	263.22	701.91	350.95	631.72
6	oo	oo	382.10	714.85	19,55	0.30	262.80	919.81	569.41	683.29

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

Le presenti correlazioni sono basate su formule e teorie accreditate in letteratura scientifica e devono sempre essere suffragate da prove di laboratorio.

STRATO	G (Mpa)	$N_{60}=(G/15,56)\exp(1/2)$		$Dr=100*(N60/60)^{1/2}$
1	62,17	7,67		35,75
2	94,17	14,12		48,51
3	266,21	65,10		104,16
4	263,97	64,29		103,51
5	263,22	64,02		103,30
6	262,8	63,87		103,18

STRATO	Vp (m/s)	Densità geofisica= $0,51 * Vp^{0,19}_{m/sec}$	γ (kN/mc)	ϕ =(in gradi)
1	347,68	1,5502	17,0525	21
2	427,91	1,6126	17,7386	23
3	719,47	1,7799	19,5792	23
4	716,43	1,7785	19,5635	26
5	624,46	1,7327	19,0594	27
6	714,85	1,7778	19,5553	28

z (m)	Vs (m/s)	Vp (m/s)	Pesi di volume (Keceli) (kN/mc)
1,3	185,84	347,68	15,87644469
12,47	228,73	427,91	16,72242428
9,9	384,57	719,47	19,04198883
1,72	382,95	716,43	19,0219035
5,94	382,4	624,46	19,01506991

Calcolo coesione non drenata (Oh e altri) (kPa)	Coesione drenata (kPa)
64,00760456	25,60304183
80,31558935	32,12623574
139,5703422	55,82813688
138,9543726	55,58174905
138,7452471	55,49809886

qult (kN/mq)	qamm per VS<400 m/s (kN/mq)
175,6050	84,3974
289,0536	109,4105
1.005,8746	209,4712
995,7352	208,3688
992,3064	207,9948

Modulo di reazione di Winkler (kN/mc)	Rapporto Vp/Vs
6.980,2999	1,870856651
11.489,8807	1,870808377
39.983,5153	1,870842759
39.580,4736	1,870818645
39.444,1798	1,633002092

CARATTERIZZAZIONE SISMICA

L'NTC 2018 del 17 gennaio 2018, recante “Norme Tecniche per le Costruzioni” raccoglie in forma unitaria le norme che disciplinano la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle costruzioni al fine di garantire, per stabiliti livelli sicurezza, la pubblica incolumità. Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

Per la definizione dell'azione sismica di un sito vengono utilizzate al meglio le possibilità offerte dalla definizione della pericolosità sismica italiana, recentemente prodotta e messa in rete dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV).

L'azione sismica è ora valutata in condizioni *free field* su sito di riferimento rigido a superficie orizzontale, riferendosi non ad una zona sismica territorialmente coincidente con più entità amministrative, ad un'unica forma spettrale e ad un periodo di ritorno prefissato ed uguale per tutte le costruzioni, come avveniva in precedenza, bensì sito per sito e costruzione per costruzione.

La pericolosità sismica di un sito è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo, in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato. Nelle NTC, tale lasso di tempo, espresso in anni, è denominato “periodo di riferimento” VR e la probabilità è denominata “probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento” P_{VR} .

Ai fini della determinazione delle azioni sismiche di progetto nei modi previsti dalle NTC, la pericolosità sismica del territorio nazionale è definita convenzionalmente facendo riferimento ad un sito rigido (di categoria A) con superficie topografica orizzontale (di categoria T1), in condizioni *free field*, cioè in assenza di manufatti.

La caratterizzazione sismica del sottosuolo, eseguita attraverso l'indagine sismica di tipo MASW, consente di definire il sito d'intervento, così come riportato di seguito:

COORDINATE DEL SITO: (WGS84 UTM)

Latitudine 40.652601[°]

Longitudine 15.420013[°]

LITOLOGIA PREVALENTE: **Depositi eluvio-colluviali**

ZONA SISMICA: 1

CLASSE D'USO: 4

COEFFICIENTE D'USO:

VITA NOMINALE: **≥50 ANNI**

CATEGORIA TOPOGRAFICA: **T1**

PERIODO DI RIFERIMENTO: **≥100 ANNI**

Risultati

Profondità piano di posa [m] 1.00

Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m) 293.52

Categoria del suolo C

CATEGORIA DI SOTTOSUOLO: C

CALCOLO DEI COEFFICIENTI SISMICI: FONDAZIONI E STABILITÀ DEI PENDII

Ai fini della suddetta normativa le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- ag accelerazione orizzontale massima al sito;
- Fo valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.
- Tc* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

VITA NOMINALE, CLASSI D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO

VITA NOMINALE

La vita nominale di un'opera strutturale VN è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata.

La vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata nella Tab. 2.4.I e deve essere precisata nei documenti di progetto.

Tabella 2.4.I – Vita nominale V_N per diversi tipi di opere

	TIPI DI COSTRUZIONE	Vita Nominale V_N (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva (1)	≥ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

(1) Le verifiche sismiche di opere provvisorie o strutture in fase costruttiva possono omettersi quando le relative durate previste in progetto siano inferiori a 2 anni.

CLASSI D'USO

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

Classe I:	Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
Classe II:	Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV , reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
Classe III:	Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV . Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
Classe IV:	Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale N per il coefficiente d'uso C_U :

$$V_R = N \times C_U$$

Il valore del coefficiente d'uso C_U è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato in Tab. 2.4.II.

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso C_U

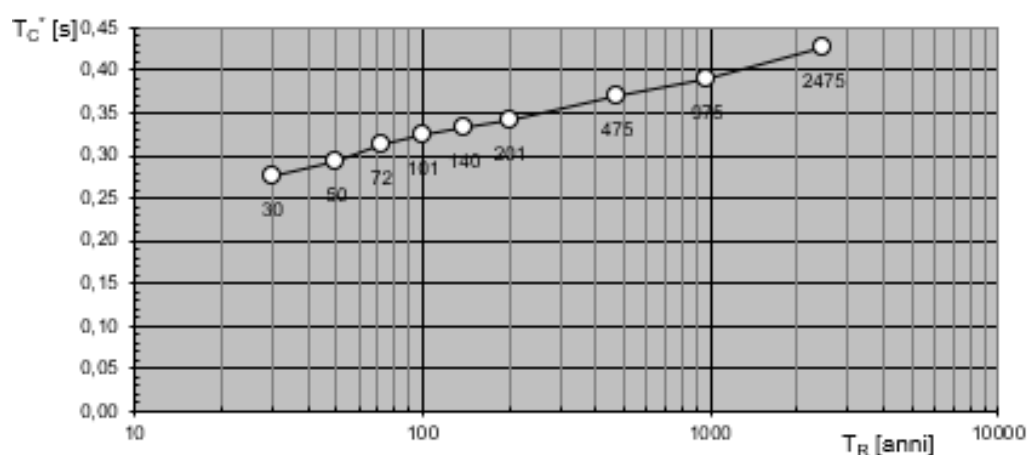
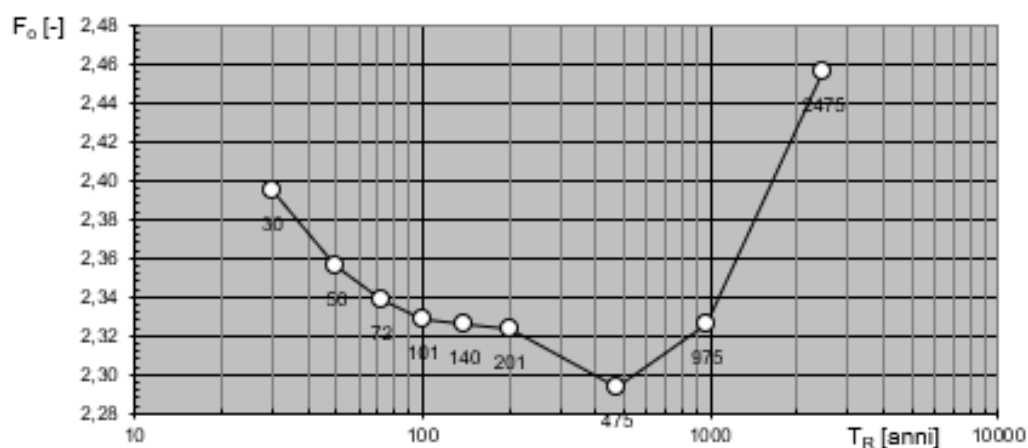
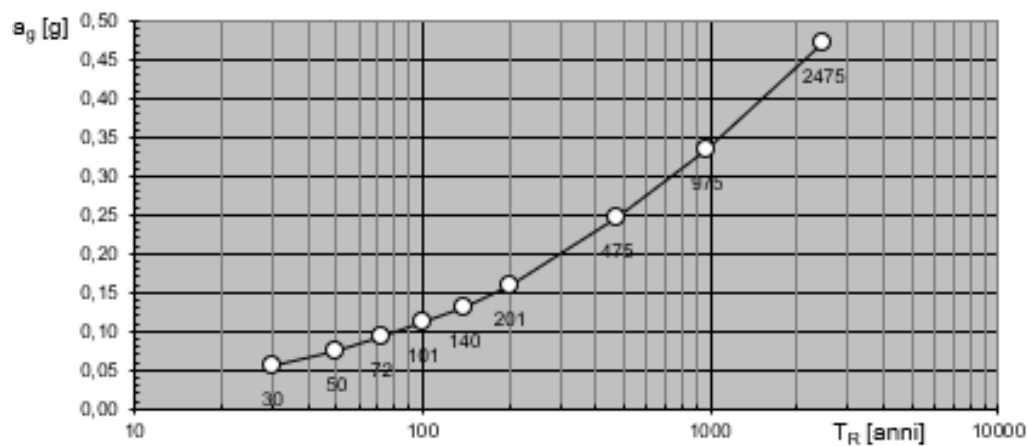
CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Se $V_R \leq 35$ anni si pone comunque $V_R = 35$ anni.

PARAMETRI SISMICI

Per il sito d'intervento, avendo considerato un periodo di riferimento V_R pari a ≥ 50 anni, vengono forniti i valori di a_g , F_0 e T_c^* necessari per la determinazione delle azioni sismiche:

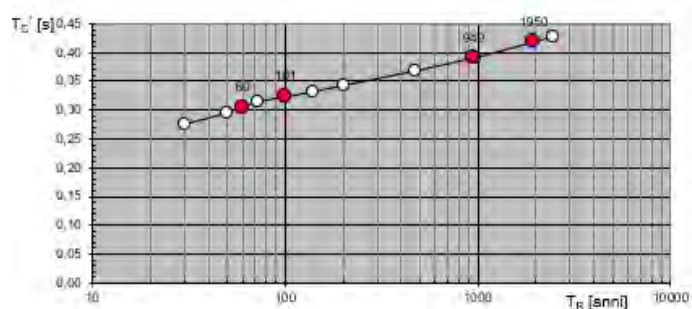
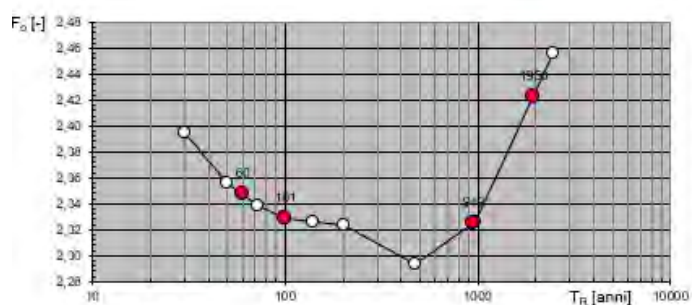
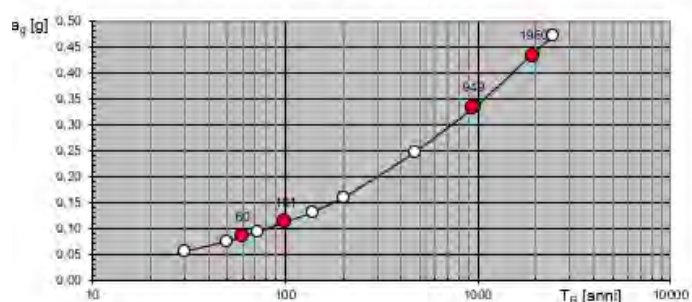
Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* : variabilità col periodo di ritorno T_R



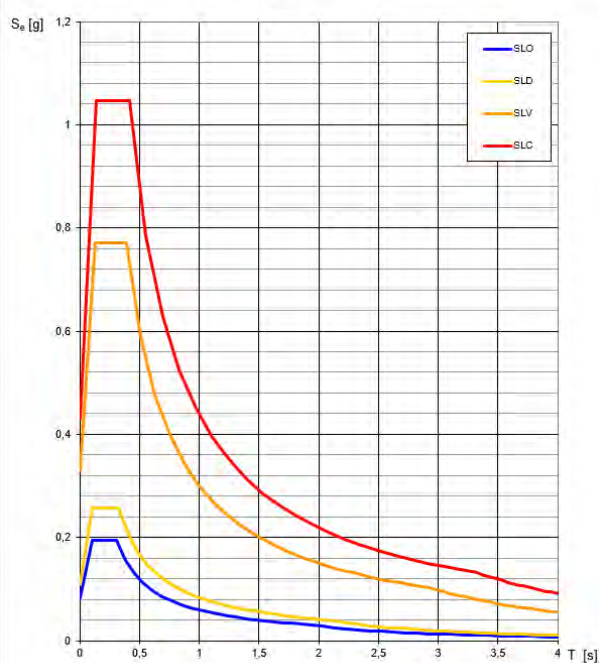
Valori dei parametri a_g , F_o , T_C per i periodi di ritorno T_R di riferimento

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C [s]
30	0,056	2,395	0,276
50	0,075	2,357	0,294
72	0,092	2,339	0,314
101	0,111	2,329	0,324
140	0,132	2,326	0,333
201	0,159	2,323	0,343
475	0,246	2,293	0,369
975	0,335	2,326	0,390
2475	0,471	2,457	0,428

Valori di progetto dei parametri a_g , F_o , T_C in funzione del periodo di ritorno T_R



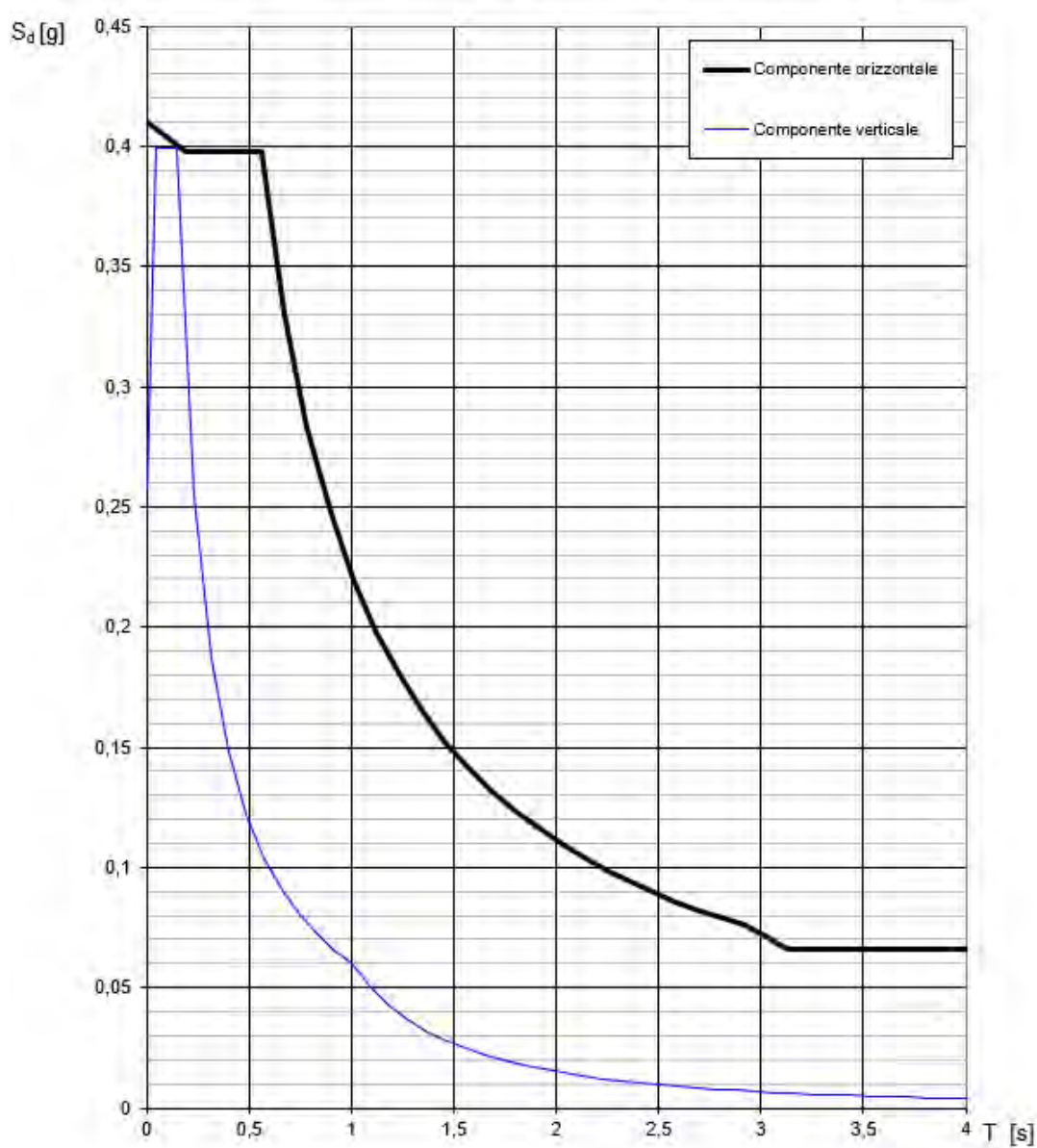
Spettri di risposta elastica per i diversi Stati Limite



Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	60	0,083	2,348	0,304
SLD	101	0,110	2,329	0,324
SLV	949	0,331	2,325	0,390
SLC	1950	0,432	2,422	0,418

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV



Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite:SLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0,331 g
F_a	2,325
T_c	0,390 s
S_s	1,238
C_c	1,433
S_T	1,000
q	2,400

Parametri dipendenti

S	1,238
η	0,417
T_B	0,186 s
T_C	0,558 s
T_D	2,926 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10 \cdot (S + 2)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_c / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_c \cdot T_B^2 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_a \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_a} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_a$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_a \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_a \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	$T [s]$	$S_e [g]$
	0,000	0,410
$T_B \leftarrow$	0,186	0,397
$T_C \leftarrow$	0,558	0,397
	0,671	0,331
	0,784	0,283
	0,897	0,248
	1,009	0,220
	1,122	0,198
	1,235	0,180
	1,348	0,165
	1,460	0,152
	1,573	0,141
	1,686	0,132
	1,799	0,123
	1,911	0,116
	2,024	0,110
	2,137	0,104
	2,249	0,099
	2,362	0,094
	2,475	0,090
	2,588	0,086
	2,700	0,082
	2,813	0,079
$T_D \leftarrow$	2,926	0,076
	2,977	0,073
	3,028	0,071
	3,079	0,068
	3,131	0,066
	3,182	0,066
	3,233	0,066
	3,284	0,066
	3,335	0,066
	3,386	0,066
	3,437	0,066
	3,489	0,066
	3,540	0,066
	3,591	0,066
	3,642	0,066
	3,693	0,066
	3,744	0,066
	3,795	0,066
	3,847	0,066
	3,898	0,066
	3,949	0,066
	4,000	0,066

Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite SLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_{gv}	0,258 g
S_S	1,000
S_T	1,000
q	1,500
T_B	0,050 s
T_C	0,150 s
T_D	1,000 s

Parametri dipendenti

F_v	1,807
S	1,000
η	0,667

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{g} \right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

$$\begin{array}{ll}
 0 \leq T < T_B & S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\
 T_B \leq T < T_C & S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \\
 T_C \leq T < T_D & S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right) \\
 T_D \leq T & S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)
 \end{array}$$

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,258
T_B	0,050	0,399
T_C	0,150	0,399
	0,235	0,255
	0,320	0,187
	0,405	0,148
	0,490	0,122
	0,575	0,104
	0,660	0,091
	0,745	0,080
	0,830	0,072
	0,915	0,065
T_D	1,000	0,060
	1,094	0,050
	1,188	0,042
	1,281	0,036
	1,375	0,032
	1,469	0,028
	1,563	0,025
	1,656	0,022
	1,750	0,020
	1,844	0,018
	1,938	0,016
	2,031	0,015
	2,125	0,013
	2,219	0,012
	2,313	0,011
	2,406	0,010
	2,500	0,010
	2,594	0,009
	2,688	0,008
	2,781	0,008
	2,875	0,007
	2,969	0,007
	3,063	0,006
	3,156	0,006
	3,250	0,006
	3,344	0,005
	3,438	0,005
	3,531	0,005
	3,625	0,005
	3,719	0,004
	3,813	0,004
	3,906	0,004
	4,000	0,004

Per il calcolo dell'accelerazione massima attesa al sito si fa riferimento alla seguente formula (NTC cap. 7.11.3) riferita allo Stato Limite SLV

$$a_{gmax} = S_s * S_t * a_g$$

$$S_s = 1,238$$

$$S_t = 1,000$$

$$a_g = 0,331$$

$$a_{gmax} = 0,409778$$

a_{gmax} è pertanto pari a 0,409778

L'analisi delle condizioni di stabilità dei pendii in condizioni sismiche può essere eseguita mediante metodi pseudostatici, metodi degli spostamenti e metodi di analisi dinamica.

Nelle analisi, si deve tenere conto dei comportamenti di tipo fragile, che si manifestano nei terreni a grana fina sovraconsolidati e nei terreni a grana grossa addensati con una riduzione della resistenza al taglio al crescere delle deformazioni. Inoltre, si deve tener conto dei possibili incrementi di pressione interstiziale indotti in condizioni sismiche nei terreni saturi. Nei metodi pseudo statici l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, costante nello spazio e nel tempo, proporzionale al peso W del volume di terreno potenzialmente instabile. Tale forza dipende dalle caratteristiche del moto sismico atteso nel volume di terreno potenzialmente instabile e dalla capacità di tale volume di subire spostamenti senza significative riduzioni di resistenza. Nelle verifiche allo stato limite ultimo, in mancanza di studi specifici, le componenti orizzontale e verticale di tale forza possono esprimersi come $F_h = k_h \cdot W$ ed $F_v = k_v \cdot W$, con k_h e k_v rispettivamente pari ai coefficienti sismici orizzontale e verticale:

$$k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{max}}{g}$$

$$k_v = \pm 0,5 \cdot k_h.$$

dove

β_s = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

a_{max} = accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g = accelerazione di gravità.

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale, l'accelerazione massima attesa al sito può essere valutata con la relazione

Quindi

$K_h = 0,11696008154943934760448521916412$ (coeff. azione sismica orizzontale)

$K_v = 0,05848004077471967380224260958206$ (coeff. azione sismica verticale)

Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_g(g) \leq 0,1$	0,20	0,20

Il calcolo dello spostamento del terreno

La formula utilizzata è la seguente:

$$d_g = 0,025 \cdot S \cdot T_C \cdot T_D \cdot a_g$$

$$d_g = 0,025 \cdot 1,238 \cdot 0,558 \cdot 2,926 \cdot 0,331 = \mathbf{0,0167261954706 \text{ m}}$$

Il calcolo della velocità del terreno

La formula utilizzata è la seguente:

$$v_g = 0,16 \cdot S \cdot T_C \cdot a_g$$

$$v_g = 0,16 \cdot 1,238 \cdot 0,558 \cdot 0,331 = \mathbf{0,03658497984 \text{ m/s}}$$

Collasso per slittamento

In conformità con i criteri di progetto allo SLU, la stabilità della fondazione deve essere verificata rispetto al collasso per slittamento, oltre a quello per rottura generale. Rispetto al collasso per slittamento la resistenza viene valutata come somma di una componente dovuta all'adesione e una dovuta all'attrito fondazione-terreno; la resistenza laterale derivante dalla spinta passiva del terreno può essere messa in conto secondo una percentuale indicata dal professionista. La formula specifica per il calcolo della resistenza per attrito di calcolo è:

$$F_{RD} = N_{SD} \cdot \tan \phi + c' \cdot A$$

Nella quale N_{SD} è il valore di calcolo della forza verticale, δ è l'angolo di resistenza al taglio alla base della trave rovescia, c' è l'adesione fondazione-terreno e A' è l'area della fondazione efficace intesa in caso di carichi eccentrici, ridotta al centro della quale è applicata la risultante.

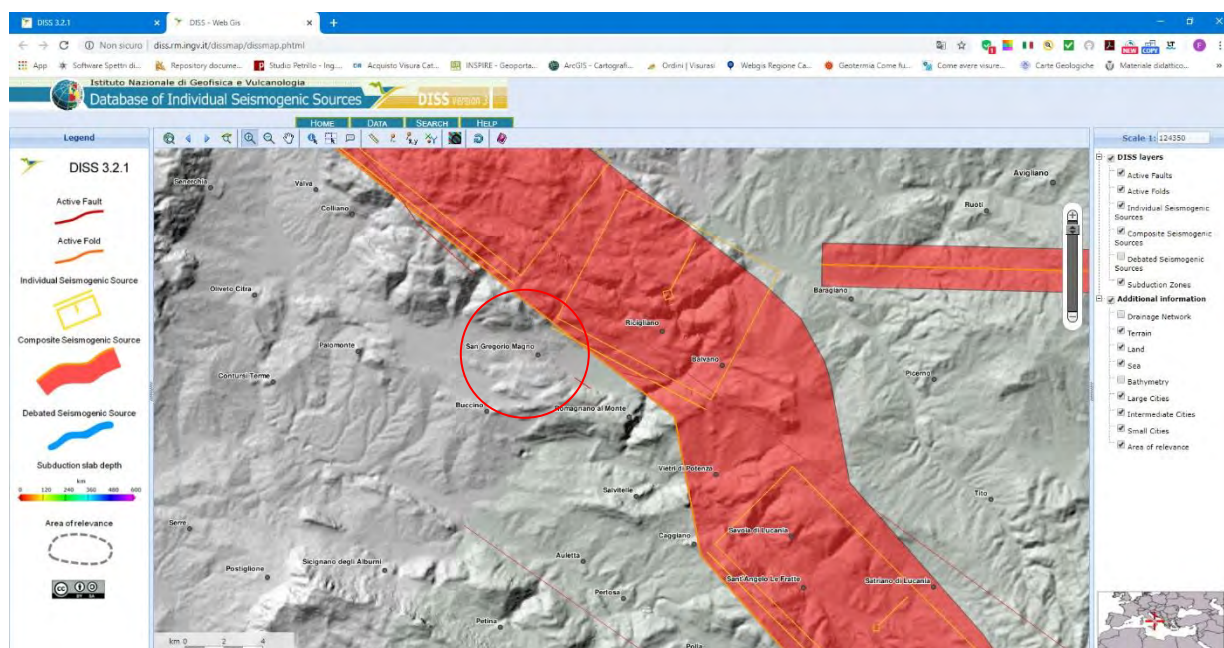
Poiché non è noto con precisione il valore della forza verticale N_{SD} , si rimanda al progettista la verifica di stabilità globale utilizzando l'approccio 1 combinazione 2 ($A2+M2+R2$) e la verifica per scorrimento sul piano di posa utilizzando la combinazione ($A1+M1+R3$) definita nelle nuove NTC 2018.

La resistenza laterale di calcolo derivante dalla spinta del terreno sulla faccia laterale del plinto, può essere tenuta in conto a condizione che vengano presi adeguati provvedimenti in sito, quali la compattazione del terreno di riporto ai lati della trave rovescia, l'infissione di un muro verticale di fondazione nel terreno, o il getto del calcestruzzo armato del plinto direttamente a contatto con una parte di scavo netta e verticale.

Per la **verifica di sicurezza contro il collasso per slittamento su una base orizzontale**, deve essere soddisfatta la disuguaglianza seguente: **$V_{sd} < F_{rd} + E_{pd}$** , nella quale V_{sd} è il valore di calcolo della forza orizzontale.

RISCHIO SISMICO NEL DISS (DATABASE OF INDIVIDUAL SEISMOGENIC SOURCES)-INGV

Il DISS fornisce un'istantanea della presenza di faglie considerate attive allo stato attuale nell'area di interesse. Dalla scheda notiamo immediatamente che la sorgente sismogenetica che passa ad Est dell'area di studio è la Irpinia-Agry-Valley che ha una magnitudo massima di 6,8, pertanto il Rischio Sismico associato alla stessa è da considerarsi come alto o molto alto.



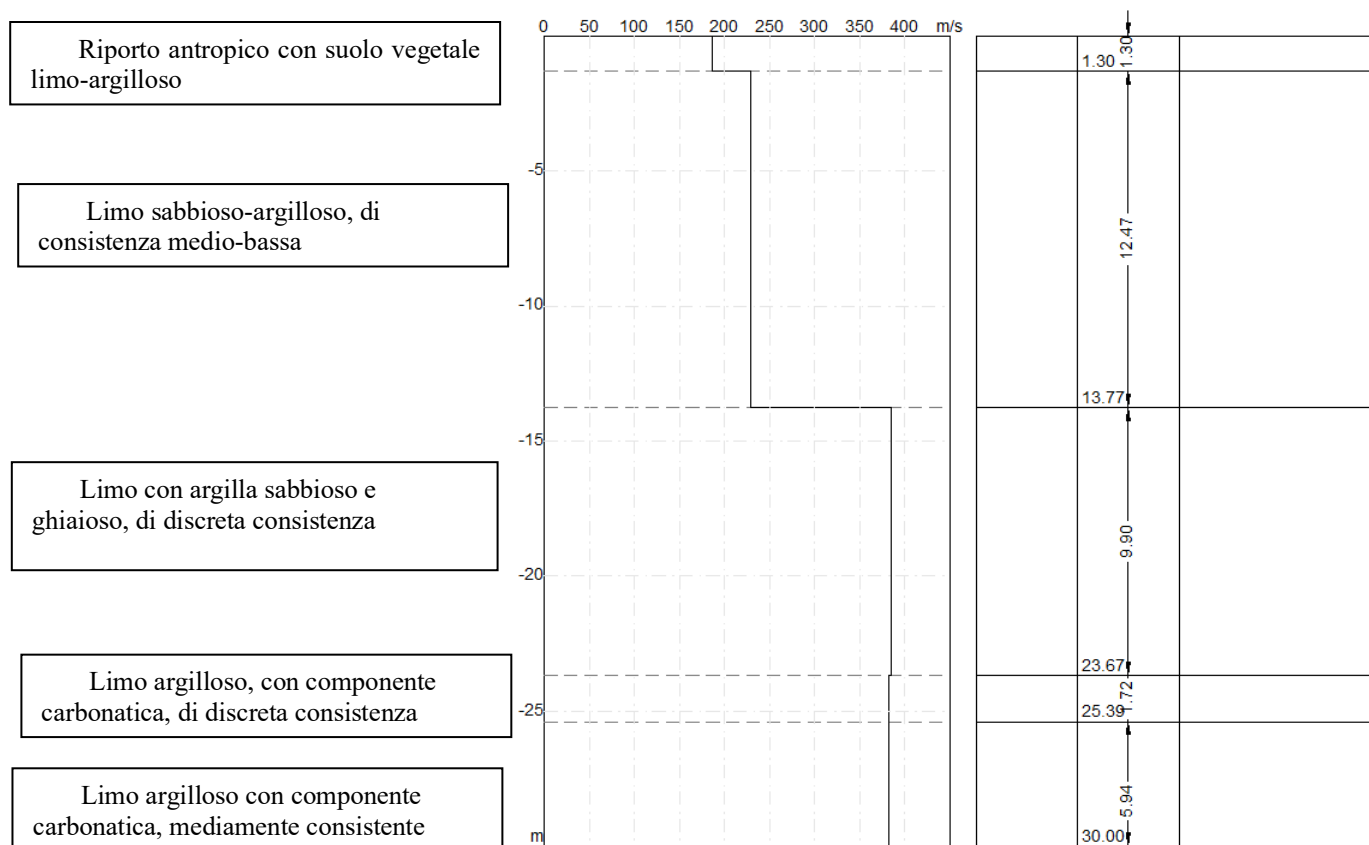
DISS 3.1.1: Seismogenic Source ITCS034 - Irpinia-Agri Valley				
Source Info Summary		Commentary	References	Pictures
General information				
Code	ITCS034			
Name	Irpinia-Agri Valley			
Compiled By	Fracassi, U.			
Latest Update	20/05/2010			
Parametric information				
	Parameter	Qual.	Evidence	
Min Depth (km)	1	LD	Based on geological and seismological data from various authors.	
Max Depth (km)	14	LD	Based on geological and seismological data from various authors.	
Strike (deg)	300 - 320	LD	Based on geological and seismological data from various authors.	
Dip (deg)	50 - 70	LD	Based on geological and seismological data from various authors.	
Rake (deg)	260 - 280	LD	Based on geological and seismological data from various authors.	
Slip Rate (mm/y)	0.1 - 1	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.	
Max Magnitude (Mw)	6.8	OD	Derived from maximum magnitude of associated individual source(s).	
Q-keys: LD = Literature Data; OD = Original Data; ER = Empirical Relationship; AR = Analytical Relationship; EJ = Expert Judgement				
Associated Active Faults or Folds				
#	Type	Name	Reference	
21	Fault	Mandranello-Mandrano	Maschio et al. [2005]	
22	Fault	Campolongo	Maschio et al. [2005]	
23	Fault	Zi Gregorio	Maschio et al. [2005]	
24	Fault	Magorno	Maschio et al. [2005]	
25	Fault	Tramutola	Maschio et al. [2005]	
26	Fault	Mt. Aquila	Maschio et al. [2005]	
71	Fault	Irpinia 1	Pantosti & Valensise [1990]	
72	Fault	Irpinia 2	Pantosti & Valensise [1990]	
73	Fault	Irpinia 3	Pantosti & Valensise [1990]	
74	Fault	Irpinia 4	Pantosti & Valensise [1990]	
75	Fault	Irpinia 5	Pantosti & Valensise [1990]	
76	Fault	Irpinia 6	Pantosti & Valensise [1990]	
77	Fault	Irpinia 7	Pantosti & Valensise [1990]	

NATURA E CARATTERISTICHE DEL SUOLO INVESTIGATO

L'indagine per la valutazione delle strutture tecniche dei terreni, oltre al rilevamento geologico, è stata indirizzata alla valutazione del piano d'appoggio della struttura.

L'area, dall'assetto morfologico sub-pianeggiante, è costituita da terreni ascrivibili all'Unità quaternaria di copertura con variabilità litologica accentuata sia verticale che orizzontale.

Le risultanze della MASW-GRM, le correlazioni con i dati del rilevamento geologico e i dati di precedenti sondaggi nell'area di studio ha permesso le correlazioni stratigrafiche che hanno portato alla redazione della seguente stratigrafia:



CONCLUSIONI

Per incarico ricevuto dal Comune di San Gregorio Magno è stata redatta una **relazione sismica**, per il progetto: “**REALIZZAZIONE IMPIANTO DI DEPURAZIONE DI SAN GREGORIO MAGNO**”, in loc. Piè delle Vigne e Area P.I.P.-San Gregorio Magno (SA). Con lo scopo di fornire le informazioni necessarie ai fini della caratterizzazione sismica dei terreni, della determinazione delle loro caratteristiche e del loro assetto lito-stratigrafico.

La struttura è ubicata nel Foglio n. 36, part. n. 576, nel Comune di San Gregorio Magno (SA) e nel Foglio n.199 (Potenza) della Carta Geologica d'Italia in scala 1: 100.000.

Al fine di determinare le caratteristiche sismiche e geotecniche dei terreni interessati dalla struttura si è proceduti nel seguente modo:

- **Ricerca bibliografica preliminare**
- **Reperimento della cartografia geologica e tematica esistente**
- **Rilevamento geologico speditivo** dell'area di intervento e di una significativa porzione di territorio circostante, quale strumento indispensabile sia per la caratterizzazione litostratigrafica che litotecnica dei terreni superficiali
- **Prospezione geosismica MASW-GRM**

Lo studio è stato, inoltre, eseguito tenendo conto delle prescrizioni contenute nella:

- Legge Regionale 7 febbraio 1983 n° 9, artt. 14 e 15-Norme per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di difesa del territorio dal rischio sismico.
- NTC 2018 del 17 gennaio 2018

Secondo i calcoli è risultato che:

COORDINATE DEL SITO: (WGS84 UTM)

Latitudine 40.652601[°]

Longitudine 15.420013[°]

LITOLOGIA PREVALENTE: **Depositi eluvio-colluviali**

ZONA SISMICA: 1

CLASSE D'USO: 4

COEFFICIENTE D'USO:

VITA NOMINALE: **≥50 ANNI**

CATEGORIA TOPOGRAFICA: **T1**

PERIODO DI RIFERIMENTO: **≥100 ANNI**

Risultati

Profondità piano di posa [m]	1.00
Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)	293.52
Categoria del suolo	C

La categoria di suolo di fondazione, in base all'indagine sismica a rifrazione e alla MASW, è risultata:

CATEGORIA DI SOTTOSUOLO: **C**

Per il calcolo dell'accelerazione massima attesa al sito si fa riferimento alla seguente formula (NTC cap. 7.11.3) riferita allo Stato Limite SLV

$$a_{gmax} = S_s * S_t * a_g$$

$$S_s = 1,238$$

$$S_t = 1,000$$

$$a_g = 0,331$$

$$a_{gmax} = \mathbf{0,409778}$$

a_{gmax} è pertanto pari a 0,409778

L'analisi delle condizioni di stabilità dei pendii in condizioni sismiche può essere eseguita mediante metodi pseudostatici, metodi degli spostamenti e metodi di analisi dinamica.

Nelle analisi, si deve tenere conto dei comportamenti di tipo fragile, che si manifestano nei terreni a grana fina sovraconsolidati e nei terreni a grana grossa addensati con una riduzione della resistenza al taglio al crescere delle deformazioni. Inoltre, si deve tener conto dei possibili incrementi di pressione interstiziale indotti in condizioni sismiche nei terreni saturi. Nei metodi

pseudo statici l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, costante nello spazio e nel tempo, proporzionale al peso W del volume di terreno potenzialmente instabile. Tale forza dipende dalle caratteristiche del moto sismico atteso nel volume di terreno potenzialmente instabile e dalla capacità di tale volume di subire spostamenti senza significative riduzioni di resistenza. Nelle verifiche allo stato limite ultimo, in mancanza di studi specifici, le componenti orizzontale e verticale di tale forza possono esprimersi come $F_h = k_h \cdot W$ ed $F_v = k_v \cdot W$, con k_h e k_v rispettivamente pari ai coefficienti sismici orizzontale e verticale:

$$k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{\max}}{g}$$

$$k_v = \pm 0,5 \cdot k_h.$$

dove

β_s = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

a_{\max} = accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g = accelerazione di gravità.

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale, l'accelerazione massima attesa al sito può essere valutata con la relazione

Quindi

$K_h = 0,11696008154943934760448521916412$ (coeff. azione sismica orizzontale)

$K_v = 0,05848004077471967380224260958206$ (coeff. azione sismica verticale)

Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_g(g) \leq 0,1$	0,20	0,20

Il calcolo dello spostamento del terreno

La formula utilizzata è la seguente:

$$dg = 0,025 \cdot S \cdot TC \cdot TD \cdot ag$$

$$dg = 0,025 \cdot 1,238 \cdot 0,558 \cdot 2,926 \cdot 0,331 = \mathbf{0,0167261954706 \text{ m}}$$

Il calcolo della velocità del terreno

La formula utilizzata è la seguente:

$$v_g = 0,16 \cdot S \cdot TC \cdot a_g$$

$$v_g = 0,16 \cdot 1,238 \cdot 0,558 \cdot 0,331 = \mathbf{0,03658497984 \text{ m/s}}$$

Collasso per slittamento

In conformità con i criteri di progetto allo SLU, la stabilità della fondazione deve essere verificata rispetto al collasso per slittamento, oltre a quello per rottura generale. Rispetto al collasso per slittamento la resistenza viene valutata come somma di una componente dovuta all'adesione e una dovuta all'attrito fondazione-terreno; la resistenza laterale derivante dalla spinta passiva del terreno può essere messa in conto secondo una percentuale indicata dal professionista. La formula specifica per il calcolo della resistenza per attrito di calcolo è:

$$F_{RD} = N_{SD} \cdot \tan \varphi + c' \cdot A$$

Nella quale N_{SD} è il valore di calcolo della forza verticale, δ è l'angolo di resistenza al taglio alla base della trave rovescia, c' è l'adesione fondazione-terreno e A è l'area della fondazione efficace intesa in caso di carichi eccentrici, ridotta al centro della quale è applicata la risultante.

Poiché non è noto con precisione il valore della forza verticale N_{SD} , si rimanda al progettista la verifica di stabilità globale utilizzando l'approccio 1 combinazione 2 ($A2+M2+R2$) e la verifica per scorrimento sul piano di posa utilizzando la combinazione ($A1+M1+R3$) definita nelle nuove NTC 2018.

La resistenza laterale di calcolo derivante dalla spinta del terreno sulla faccia laterale del plinto, può essere tenuta in conto a condizione che vengano presi adeguati provvedimenti in sito, quali la compattazione del terreno di riporto ai lati della trave rovescia, l'infissione di un muro verticale di fondazione nel terreno, o il getto del calcestruzzo armato del plinto direttamente a contatto con una parte di scavo netta e verticale.

Per la **verifica di sicurezza contro il collasso per slittamento su una base orizzontale**, deve essere soddisfatta la disuguaglianza seguente: $V_{sd} < F_{rd} + E_{pd}$, nella quale V_{sd} è il valore di calcolo della forza orizzontale.

Il DISS fornisce un'istantanea delle presenze di faglie considerate attive allo stato attuale nell'area di interesse. La sorgente sismogenetica che passa ad Est dell'area di studio è la Irpinia-Agry-Valley che ha una magnitudo massima di 6,8, pertanto il Rischio Sismico associato alla stessa è da considerarsi come alto o molto alto.

Il presente lavoro è stato redatto ai sensi di:

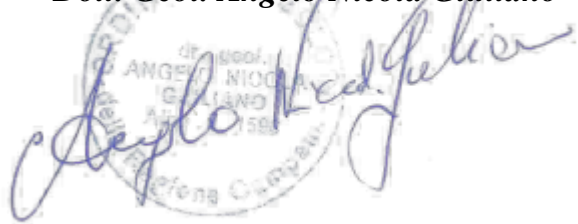
- Legge Regionale 7 febbraio 1983 n° 9, artt. 14 e 15-Norme per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di difesa del territorio dal rischio sismico.
- NTC 2018 del 17 gennaio 2018

Dopo i dati e le informazioni ricavate dalla pratica locale, si ritiene che l'opera possa essere realizzata e non sarà interessata da cedimenti assoluti e differenziali rilevanti e tali da compromettere la stabilità delle strutture stesse.

Atena Lucana, dicembre 2019

COLLABORATORE

Dott. Geol. Angelo Nicola Giuliano



IL DIRETTORE TECNICO

Dott. Geol. Francesco Di Gruccio



DICHIARAZIONE SOSTITUTIVA DELL'ATTO DI NOTORIETÀ
Riguardante stati, qualità personali o fatti giuridicamente rilevanti
(Art. 47 D.P.R. 28/12/2000 n. 445)

Il sottoscritto **Francesco DI GRUCCIO** nato a Teggiano il 28/01/1947, ed ivi residente alla Via Fosso San Martino, Prato Perillo di Teggiano (SA), iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione Campania col N. 169, in qualità di Direttore Tecnico della Geotest s.r.l. con sede Legale e laboratorio in Atena Lucana (SA) alla Via S.S. 19 delle Calabrie km 61+500;

DICHIARA

che la relazione sismica, redatta per conto del Comune di San Gregorio Magno relativa ai lavori di " **REALIZZAZIONE IMPIANTO DI DEPURAZIONE DI SAN GREGORIO MAGNO** ", sito in loc. Piè delle Vigne, San Gregorio Magno (SA), cui si allega la presente, è conforme alle seguenti disposizioni legislative:

- Legge Regionale 7 febbraio 1983 n° 9, artt. 14 e 15-Norme per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di difesa del territorio dal rischio sismico.
- Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni NTC 2018 del 17 gennaio 2018

Il sottoscritto si assume la piena, incondizionata e totale responsabilità di quanto scritto.

Il sottoscritto dichiara di essere a conoscenza delle sanzioni penali cui incorre in caso di dichiarazione mendace contenente dati non rispondenti a verità, come previsto dall'art. 76 del D.P.R. 28/12/2000 n. 445. Il sottoscritto dichiara di essere a conoscenza dell'art. 75 del D.P.R. 28/12/2000, n. 445 relativo alla decadenza dei benefici eventualmente conseguenti al provvedimento emanato qualora l'Amministrazione, a seguito di controllo, riscontri la non veridicità del contenuto della suddetta dichiarazione. Il sottoscritto ai sensi dell'art. 10 della legge 675/96 (tutela della persona e di altri soggetti rispetto al trattamento dei dati personali) accorda il consenso affinché i propri dati possano essere trattati ed essere oggetto di comunicazione a terzi al fine di provvedere agli adempimenti di obblighi di legge.

Il sottoscritto allega fotocopia di documento di identità in corso di validità.

Atena Lucana, 17/12/2019

IL DIRETTORE TECNICO

Dott. Geol. Francesco Di Gruccio



Cognome DI GRUCCIO
Nome FRANCESCO
nato il 28 gennaio 1947
(atto n. 49 P. I. S. A - 47)
a TEGGIANO (SA)
Cittadinanza Italiana
Residenza TEGGIANO
Via VIA FOSSO SAN MARTINO
Stato civile Coniugato/a
Professione GEOLOGO

CONNOTATI E CONTRASSEGNI SALIENTI

Statura 1,72
Capelli GRIGI
Occhi CASTANI
Segni particolari NESSUNO



REPUBBLICA ITALIANA
MINISTERO DELLE FINANZE

CODICE FISCALE DGRFNC47A28D292E

COGNOME DI GRUCCIO
NOME FRANCESCO
LUOGO DI NASCITA TEGGIANO
PROVINCIA SA DATA DI NASCITA 28/01/47

1986



ASSEVERAZIONE – Studio di compatibilità geologica

Il sottoscritto Dott. Angelo GOFFREDO nato a Oliveto Citra il 14.09.1976 e residente a Colliano prov. SA in via Ponte Maiale, civ. 9, fax. 0828-995158 Cell. 347-6027737 e-mail: gogeo@libero.it pec: goffredo@epap.sicurezzapostale.it, iscritto all'Ordine dei Geologi della Campania al n. 2180 C.F.: GFFNGL76P14G039J, in qualità di geologo,

*consapevole della **propria responsabilità penale** che assume ai sensi dell'art. 76 del T. U. approvato con D.P.R. n. 445/2000, nel caso di dichiarazioni non veritiere e falsità degli atti,*

ASSEVERA

che il presente studio di compatibilità geologica è stato redatto ai sensi del Testo Unico coordinato delle Norme di attuazione PSAI allegate alla rivisitazione del Piano Stralcio dell'Autorità di Bacino Campania Sud ed Interregionale per il Bacino Idrografico del fiume Sele.

Si allega documento di riconoscimento.

Il Tecnico

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Angelo Goffredo', is written over a red circular stamp. The stamp contains the text 'ORDINE DEI GEOLOGI DELLA CAMPANIA' around the perimeter and 'Regione Campania' at the bottom.

Cognome **GOFFREDO**
 Nome **ANGELO**
 Data di nascita **14-09-1976**
 Sesso **M**
 Altezza **170**
 Peso **65**
 Colore dei capelli **Castani**
 Colore degli occhi **Castani**
 Segni particolari **NESSUNO**
 Professione **GEOLOGO**
 Stato civile **CONIUGATO**
 Residenza **COLLIANO (SA)**
 Via **CONTRADA PONTE MAIALE 9 i. l.**
 Cittadinanza **Italiana**
 Note **CONNOTATI E CONTRASSEGNI SALIENTI**


 Firma del titolare *Angelo Goffredo*
 COLLIANO **18-04-2013**
 Impronta del dito indice sinistro


Scadenza : 14-09-2023

026
 516
 542

R-2.4.151

AS 7109096



REPUBBLICA ITALIANA

 COMUNE DI
 COLLIANO
 CARTA D'IDENTITA'
 N° AS 7109096
 DI



REGIONE CAMPANIA
COMUNE DI SAN GREGORIO MAGNO
PROVINCIA DI SALERNO

PIANO OPERATIVO AMBIENTE FSC 2014/2020
D.G.R. 443 DEL 24/09/2019

Progetto: Realizzazione impianto di depurazione di San Gregorio Magno

Ubicazione: loc. Piè delle Vigne e loc. Filette - San Gregorio Magno (Sa)

Stazione Appaltante: Comune di San Gregorio Magno (Sa)

Progettisti: Ufficio Tecnico Comunale (Arch. Angelo Giuseppe Turco) - Prog. specialistica Ing. Mario Policastro

R.U.P.: geom. Nicola Fresca (Ufficio Tecnico Comunale)

PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO

ELABORATO:

- INTEGRAZIONE STUDIO DI COMPATIBILITA' GEOLOGICA ASSEVERATO

IL R.U.P.

(geom. Nicola Fresca)

IL GEOLOGO

(Dott. Angelo Goffredo)



INTEGRAZIONI ALLO STUDIO DI COMPATIBILITÀ GEOLOGICA ASSEVERATO

■ *Premessa*

Su incarico conferitomi dal Comune di San Gregorio Magno, lo scrivente Dott. Geologo Angelo Goffredo ha redatto il seguente studio finalizzato alla realizzazione degli elaborati necessari alla stesura dello studio di compatibilità geologica asseverato, relativa al progetto per **realizzazione impianto di depurazione di San Gregorio Magno**.

Il progetto, nel dettaglio, prevede la realizzazione di due impianti di depurazione con relative opere di collegamento, evidenziati in dettaglio nelle cartografie allegate allo specifico studio geologico redatto nel febbraio 2020.

In particolare, è prevista la realizzazione di un nuovo impianto di depurazione da ubicare alla località ***Piè delle Vigne***, a sud-est del centro abitato di San Gregorio Magno, il quale tratterà le acque reflue della gran parte del centro urbano, e di un secondo impianto di depurazione alla località ***Filette*** (piccolo monoblocco prefabbricato), posto ad ovest. Quest'ultimo tratterà le acque reflue provenienti dall'area artigianale (P.I.P.) in località Forluso e dalle abitazioni a valle dello stesso, attualmente non servite da impianti di depurazione. Inoltre, la posizione di quest'ultimo permetterà di poter far confluire in esso gli scarichi fognari della frazione abitata di "Lavanghe", delle abitazioni presenti lungo la strada provinciale in località Stritto, della località Forlusiello e della località Filette, compreso l'istituto scolastico d'istruzione secondaria.

Con il presente scritto si andranno meglio ad analizzare ed elaborare concetti di carattere "meramente geologico", poco dettagliati dal sottoscritto, per la redazione dello studio geologico principale, precedentemente menzionato e a cui si farà riferimento.

■ *Caratterizzazione sito "Filette"*

In particolare, per il sito "**Filette**", è stata effettuata una attenta prospezione sismica, costituita dallo stendimento MASW denominato "Filette", in allegato al presente e ampiamente riportato nello studio geologico principale. Per lo stesso sito non sono state eseguite indagini geotecniche *ad hoc* essendo lo stesso già ampiamente caratterizzato con i sondaggi e le prove di laboratorio realizzate nel 1994, per la realizzazione della vicinissima scuola Istituto Superiore. Nel dettaglio, per il presente

progetto, è stato tenuto conto il sondaggio denominato, nella cartografia PUC di San Gregorio Magno, come S10. A tal proposito, vengono allegate alla presente:

- stratigrafia del sondaggio S10;
- prove di laboratorio realizzate in corrispondenza del sondaggio S10;
- ubicazione planimetrica dello stesso su stralcio di cartografia allegata al PUC del Comune di San Gregorio Magno.

Da tale stratigrafia risulta evidente la natura detritica relativa al corpo alluvionale attraversato e che costituisce difatti anche il terreno d'imposta del monoblocco prefabbricato in c.a., quale elemento del depuratore Filette. L'area, come descritto dalla stratigrafia del sondaggio, risulta essere caratterizzata da strati con spessore di qualche metro di:

<i>0,00 – 1,00m</i>	<i>Terreno agrario</i>
<i>1,00 – 3,00m</i>	<i>Limo sabbioso argilloso di colore marrone con abbondante materiale detritico;</i>
<i>3,00 – 10,00m</i>	<i>Materiale detritico di natura calcarea a spigoli vivi e subarrotondati in scarsa matrice sabbiosa calcarea ed in matrice limo-sabbiosa marrone;</i>
<i>10,00 – 13,50m</i>	<i>Limo argilloso caratterizzato da una buona consistenza, di colore rossiccio, a basso contenuto di acqua. A luoghi contiene intercalati sottili livelli sabbiosi;</i>
<i>13,50–20,00m</i>	<i>Materiale detritico. Trattasi di ghiaietto calcareo in matrice limoso-sabbiosa marrone-rossiccia. Presenta intercalazioni di livelli ghiaiosi (di circa 30 – 50 cm) a spigoli vivi in scarsa matrice.</i>

A conferma di tale caratterizzazione geologica locale, è stata analizzata anche la stratigrafia e le risultanze del sondaggio S12, coevo al precedente e anch'esso riportato in allegato.

Da tali stratigrafie, non essendovi evidenziato un “cambiamento netto”, risulta molto difficile definire la profondità dei movimenti “di deformazione lenta” individuate nel PSAI; d'altro canto, l'osservazione diretta del principale fabbricato presente (la Scuola Superiore), realizzata circa 30 anni fa, ubicata chiaramente su terreni detritici, non presenta evidenti fenomeni che possano far ipotizzare a importanti fenomeni gravitativi profondi in atto. Si giunge alla conclusione che i fenomeni

gravitativi osservabili nelle vicinanze sono a carattere superficiale del tipo soil creep prevalente, che interessano grossomodo il terreno vegetale, riportato in startigrafia fino alla profondità di 1 metro.

Per lo stesso sito, si riportano in allegato, gli approfondimenti geologici necessari legati alla verifica/sezione di stabilità del versante in oggetto.

■ *Caratterizzazione sito “Piè delle Vigne”*

Durante la redazione dello studio di compatibilità del febbraio 2020, maggiore enfasi è stata posta nella caratterizzazione geologica del sito Piè delle Vigne. Tale sito, come desumibile dalla lettura dell'intero progetto, ospiterà il maggiore impianto di depurazione.

Nell'area è stato progettato e realizzato un sondaggio geognostico, denominato Sondaggio S1, realizzato tramite l'impiego di una sonda idraulica, con tecnica a rotazione a carotaggio continuo e rivestimento delle pareti del foro. Le operazioni di carotaggio sono state eseguite con utilizzo di acqua e recupero integrale del terreno attraversato.

E' stato utilizzato un carotiere semplice con diametro di 101 mm;

per il rivestimento del foro sono stati utilizzati tubi con diametro di 127 mm.

Per l'esecuzione dei sondaggi è stata utilizzata una sonda idraulica cingolata con una capacità di coppia di 980 Kg, mentre l'attrezzatura di perforazione aveva le seguenti caratteristiche ed i seguenti diametri:

- Aste di manovra cave dal diametro Ø (mm) 76
- Aste di manovra lunghezza (m) 3.0
- Carotiere da Ø (mm) 101
- Carotiere doppio da Ø (mm) 101
- Carotiere lunghezza (m) 3.0
- Corona con denti in Widia da Ø (mm) 101
- Corona diamantata da Ø (mm) 101
- Tubi di rivestimento Ø (mm) 140

Il materiale prelevato è stato alloggiato in n° 6 cassette catalogatrici, successivamente conservate in luogo protetto in loco.

Il sondaggio S1, eseguito dalla ditta Trivellazioni Cupo in data 21-10-2019, ha raggiunto la profondità di 30 metri dal p.c.

Durante le operazioni di trivellazione sono stati estratti n° 2 campioni indisturbati in fustella; il primo alla profondità di 2,50-3,00 metri denominato S1C1, il secondo estratto alla profondità di 14,50-15,00 metri denominato S1C2.

Entrambi i suddetti campioni indisturbati sono stati sottoposti alle seguenti prove dal laboratorio I.P.M. Istituto Tecnologico Sperimentale di Atena Lucana (SA):

- Caratteristiche fisiche
- Limiti di Atterberg
- Analisi granulometrica
- Prova edometrica
- Prova di taglio diretto TD;

L'ubicazione dei sondaggi è presente nell'apposita cartografia.

La successione litostratigrafica rilevata è quella tipica dei depositi fluvio-lacustri più o meno sciolti con elevato contenuto di materiale fine (limo ed argilla), poggiati su materiale più addensato costituito da argilla limoso, costituita da:

<i>0,00 – 1,30m</i>	<i>Riporto antropico associato al suolo vegetale limo-argilloso con presenza di radici e depositi residuali argillosi, colore marrone e grigio, presenza di elementi carbonatici</i>
<i>1,30 – 13,80m</i>	<i>Deposito costituito prevalentemente da argilla debolmente limosa, di colore marrone scuro, con consistenza medio-bassa.</i>
<i>13,80 – 23,50m</i>	<i>Deposito costituito prevalentemente da argilla limosa e limo argilloso, mediamente consistente, di colore marrone medio scuro - rossiccio.</i>
<i>23,50 – 25,00m</i>	<i>Deposito costituito prevalentemente da argilla limosa e limo argilloso, con componente carbonatica mediamente consistente, di colore marrone medio scuro - rossiccio.</i>
<i>25,00 – 30,00m</i>	<i>Deposito limo argilloso con componente carbonatica, mediamente consistente, di colore nocciola.</i>

Inoltre, anche per il sito Piè delle Vigne è stata effettuata una attenta prospezione sismica, costituita dallo stendimento MASW denominato “Piè delle Vigne”, in allegato al presente e ampiamente riportato nello studio geologico principale.

Come per l’altro sito, si riportano in allegato, gli approfondimenti geologici necessari legati alla verifica/sezione di stabilità del versante in oggetto.

Allegati Sito Filette:

- Stratigrafia Sondaggio S10;
- Stratigrafia Sondaggio S12;
- Prove di laboratorio campione S10C1 e S10C2;
- Stralcio Cartografia ubicazione sondaggi allegata allo studio geologico PUC – San Gregorio Magno;
- Elaborazioni MASW “Filette”;
- Verifica/sezione di stabilità “Filette”;

Allegati Sito Piè delle Vigne:

- Stratigrafia Sondaggio S1;
- Prove di laboratorio campione S1 C1 e S1 C2;
- Stralcio Cartografia ubicazione sondaggio S1;
- Elaborazioni MASW “Piè delle Vigne”;
- Verifica/sezione di stabilità “Piè delle Vigne”;

Tanto per incarico ricevuto.

Il geologo
(Dott. Angelo GOFFREDO)



ALLEGATI

“SITO FILETTE”



Geologo Enrico Bottiglieri - 84086 Roccapiemonte, Corso Mario Pagano 37 - Tel. 081931214
Comune di San Gregorio Magno (Salerno) - Piano Urbanistico Comunale - Studio Geologico
Stratigrafia Sondaggio S10

Committente Comune di San Gregorio Magno (Salerno) Cantiere Piano Regolatore Generale Indagine Studio Geologico		Sondaggio S10 Quota Ass. P.C. 477m Tipo Carotaggio Continuo		Tipo Sonda CMV K 1000 Profondità raggiunta 20 m Coordinate X Y 4501888/530612		Inizio Esecuzione Giugno 1994 Termine Esecuzione Giugno 1994 Casse Catalog. 4	
Scala	Litologia	Descrizione	Quota	S.P.T.	Campioni	Diam. Foro	Falda
<div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div></div>							



Geologo Enrico Bottiglieri - 84086 Roccapiemonte, Corso Mario Pagano 37 - Tel. 081931214
Comune di San Gregorio Magno (Salerno) - Piano Urbanistico Comunale - Studio Geologico
Stratigrafia Sondaggio S12

Committente	Sondaggio	Tipo Sonda	Inizio Esecuzione
Comune di San Gregorio Magno (Salerno)	S1	CMV K 750	1993
Cantiere	Quota Ass. P.C.	Profondità raggiunta	Termine Esecuzione
Studio Idrogeologico in località Vadursi	475m	37.50 m	1993
Indagine	Tipo Carotaggio	Coordinate X Y	Casse Catalog.
Ricerca falde idriche - Dott.ssa Geol. Maria Turturiello	Continuo	4501844/530302	

Scala	Litologia	Descrizione	Quota	S.P.T.	Campioni	Diam. Foro	Falda
-1		Terreno vegetale	-1.00			(101)	
-2		Depositi colluviali: trattasi di materiali a grana medio-fina (limo argilloso-sabbioso) di colore marrone in cui si rinvencono clasti calcarei a spigoli vivi e/o subarrotondati associabili a ghiaie a grana media. Lo stato di consistenza aumenta con la profondità.				1.50	
-3							
-4							
-5							
-6							
-7							
-8							
-9							
-10							
-11							
-12			-12.50				
-13		Materiale detritico di natura calcarea. Si tratta di ghiaia grossa e ciottoli a spigoli vivi, in matrice sabbiosa, limosa, argillosa a luoghi prevalente. Superficialmente lo strato è a grado di addensamento mediocre. A fine strato il materiale assume l'aspetto di una breccia.					
-14							
-15							
-16							
-17							
-18							
-19							
-20							
-21							
-22							
-23							
-24							
-25							
-26							
-27							
-28							
-29							
-30							
-31							
-32							
-33							
-34							
-35							
-36							
-37			-37.50				

Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato, Rs-Rimaneggiato da SPT
Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa
Carotaggio: Continuo

Sonda: CMV K 750

CARATTERISTICHE GENERALI

Prot.:

Data : 07/1994

Comune: SAN GREGORIO MAGNO

Committente: COMMISSARIO AD ACTA P.R.G.

Contrassegno del campione: S10C1

Quota: 3.50 - 4.00 m.l.

Condizioni iniziali del campione: INDISTURBATO

Peso specifico dei grani	$Y_g = 2.69$	gr/cmc
--------------------------	--------------	--------

Peso di volume	$Y = 1.86$	gr/cmc
----------------	------------	--------

Contenuto d'acqua	$W = 32.84$	%
-------------------	-------------	---

Peso di volume secco	$Y_s = 1.4$	gr/cmc
----------------------	-------------	--------

Indice dei vuoti	$e = .92$	
------------------	-----------	--

Porosità	$n = 47.95$	%
----------	-------------	---

Grado di saturazione	$S_r = 95.9$	%
----------------------	--------------	---

Il Direttore

Via Cavaliere n. 26 - SALERNO -

GEODIR s.a.s. - laboratorio geotecnico - Salerno - tel. 089.2718

CANTIERE : SAN GREGORIO MAGNO - P.R.G. -

SONDAGGIO : S10 CAMPIONE : C1 QUOTA DA: 3.50 A: 4.00

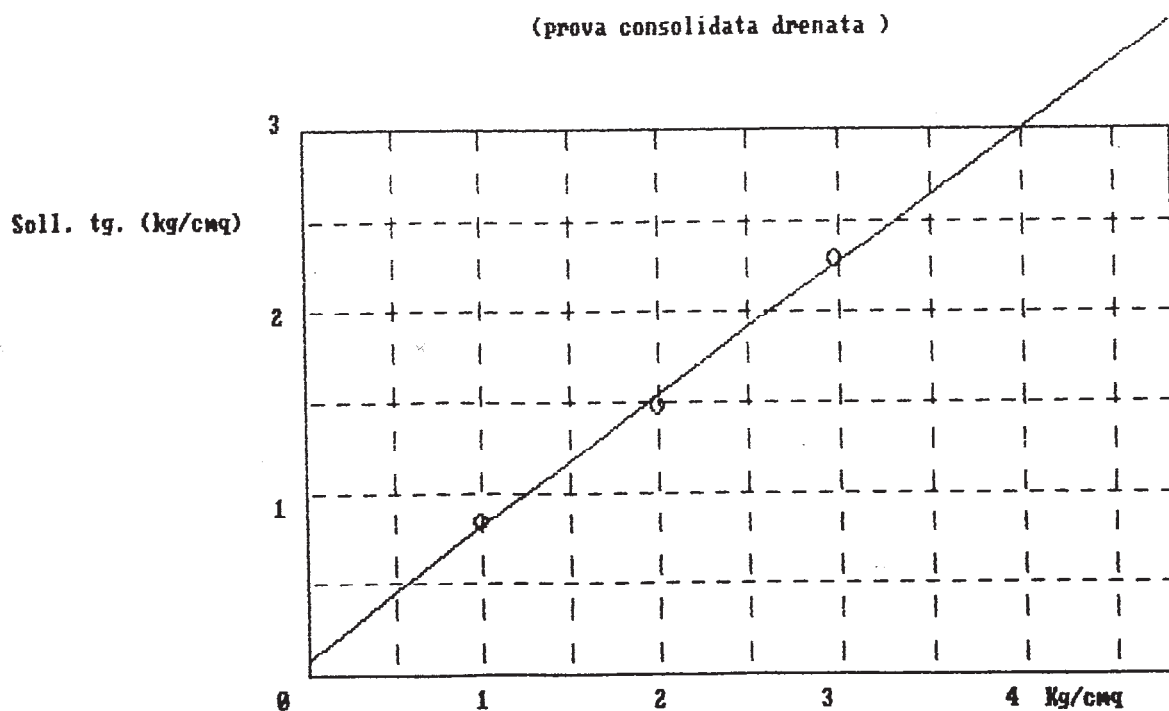
CAMPIONE : INDISTURBATO

R O T T U R A			A	B	C
Press. vertic.	Kg/cm ²		1.00	2.00	3.00
Soll. tangenz.	Kg/cm ²		0.84	1.48	2.29
Cedim. finale	mm		3.15	3.94	4.62
Deform. trasv.	mm		4.23	4.68	5.03
veloc. deform.	mm/min		0.030		
Angolo attrito	gradi		35° 56'		
Coesione C	Kg/cm ²		0.09		

PROVA DI TAGLIO

DIAGRAMMA DI TAGLIO

(prova consolidata drenata)



CARATTERISTICHE GENERALI

Prot.:

Data : 07/1994

Comune: SAN GREGORIO MAGNO

Committente: COMMISSARIO AD ACTA P.R.G.

Contrassegno del campione: S10C2

Quota: 12.00 - 12.50 m.l.

Condizioni iniziali del campione: INDISTURBATO

Peso specifico dei grani $\gamma_g = 2.78$ gr/cmc

Peso di volume $\gamma = 1.85$ gr/cmc

Contenuto d'acqua $W = 23.62$ %

Peso di volume secco $\gamma_s = 1.5$ gr/cmc

Indice dei vuoti $e = .86$

Porosità $n = 46.17$ %

Grado di saturazione $S_r = 76.56$ %

Il Direttore

Via Cavaliero n. 26 - SALERNO -

PROVA EDOMETRICA

Prot.:

Data : 07/1994

Comune di SAN GREGORIO MAGNO

Committente: COMMISSARIO AD ACTA P.R.G.

Contrassegno del campione: S10C2

Quota: 12.00 - 12.50 mt.i.

CARATT.INIZ.CAMPIONE

peso di volume	Y =	1.85	cmq
cont.to in acqua	W =	23.62	%
peso spec. dei grani	Yg =	2.78	cmq
indice dei vuoti	e =	.8576411	
saturazione	Sr =	76.56305	%

Press. Kg/cmq	Cedim. cm	Ind. Fori e	Mod. Edom. Kg/cmq	Coeff. Perm. cm/sec	Coeff. Cons. cmq/sec
0.00	0.00	.8576409			
			28.57143		
0.10	.007	.8511392			
			37.36876		
0.25	.015	.8437087			
			82.70834		
0.50	.021	.8381357			
			109.9445		
1.00	.03	.8297765			
			123.125		
2.00	.046	.8149154			
			134.7586		
4.00	.075	.7879795			
			220		
8.00	.11	.7554708			
			256.2712		
16.00	.169	.7006704			

Il Direttore

Via Cavaliere n.26 - SALERNO

CURVA DI COMPRESSIBILITA' EDOMETRICA

Prot.:

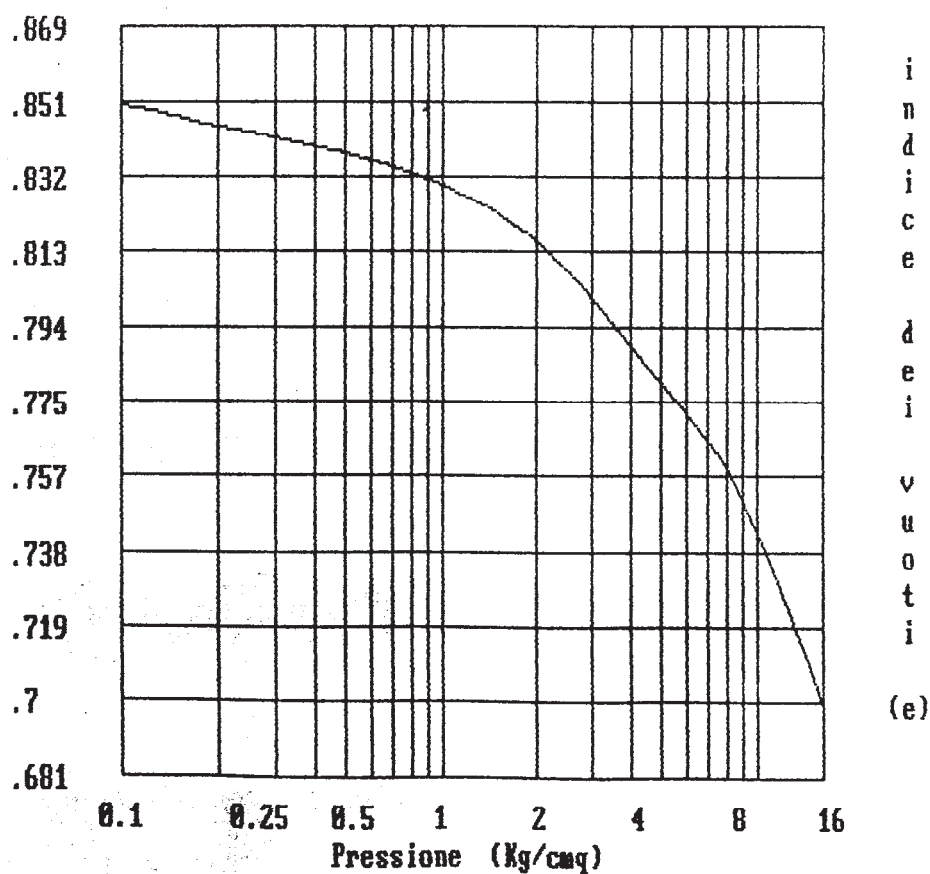
Data: 07/1994

Comune di SAN GREGORIO MAGNO

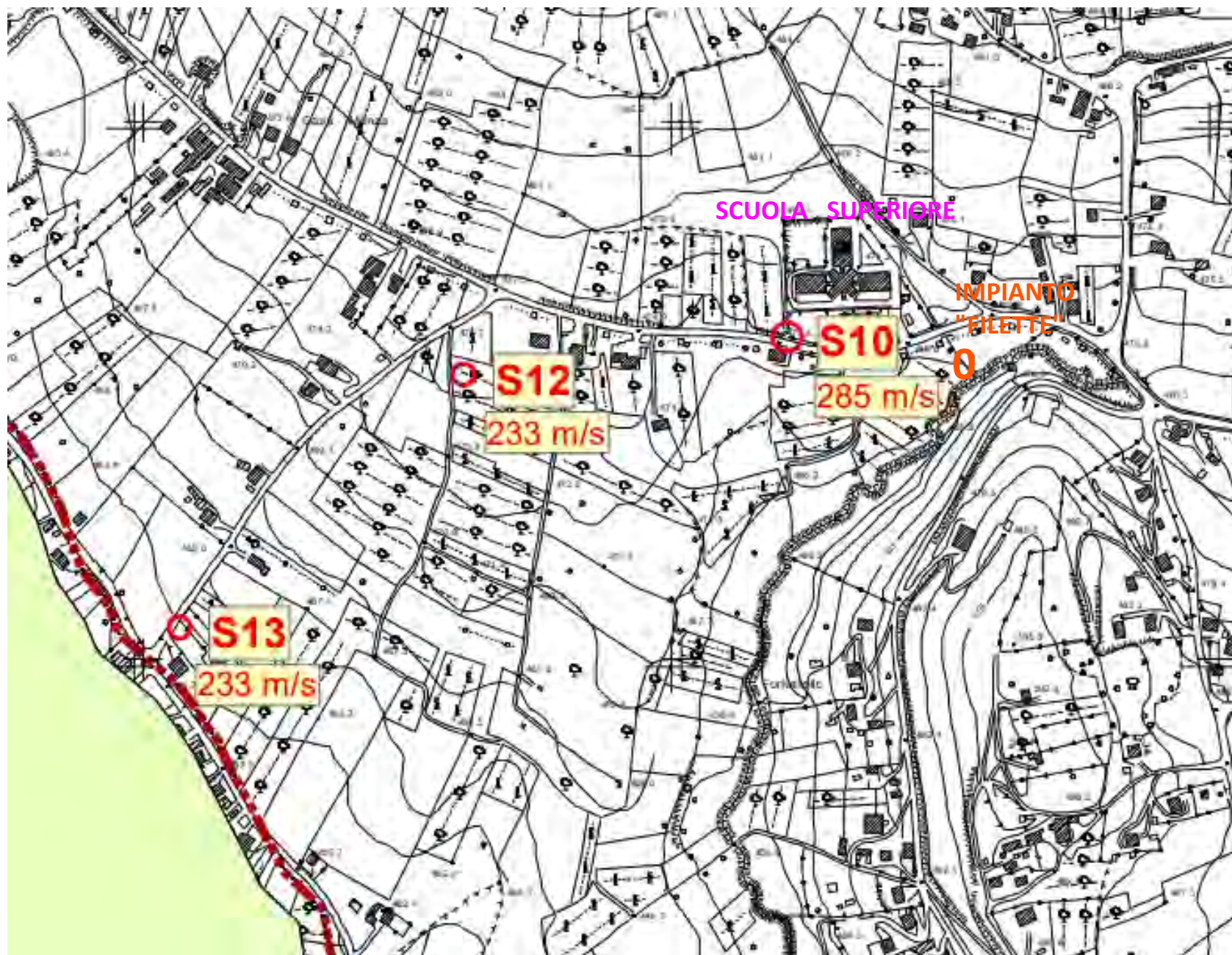
Committente: COMMISSARIO AD ACTA P.R.G.

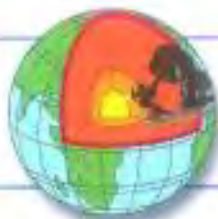
Contrassegno del campione: S10C2

Quota: 12.00 - 12.50 m.l.



Stralcio della Carta Ubicazione Sondaggi allegata al PUC del Comune di San Gregorio Magno





GEOTEST S.r.l.

Laboratorio • Studio Geologico Tecnico

LABORATORIO: PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE - PROVE GEOTECNICHE SU TERRENI E SULLE ROCCE - PROVE ED ANALISI PER MANUTENZIONE PER AGGREGATI - PROVE ED ANALISI SU BITUMI E CONGLOMERATI BITUMINOSI - COLLAUDI - DIAGNOSTICA - MONITORAGGIO - SORVEGLIANZA - PROVE E CONTROLLI NON DISTRUTTIVI - PROVE IN SITO - PROVE GEOTECNICHE - SONDAGGI MECCANICI E PROVE IN TORO - LABORATORIO MORE PER CONTROLLI DI QUALITÀ

STUDIO GEOLOGICO TECNICO: GEOLOGIA - GEOLOGIA APPLICATA ALL'INGEGNERIA - GEOLOGIA URBANISTICA E TERRITORIALE - GEOLOGIA AMBIENTALE E SANITARIA - GEOPHISICA - IDROGEOLOGIA - GEOTECNICA - SONDAGGI DIAGNOSTICI

DOSSIER: GIT 05/20

RELAZIONE SISMICA

REALIZZAZIONE IMPIANTO DI DEPURAZIONE DI SAN GREGORIO MAGNO

**COMUNE DI SAN GREGORIO MAGNO - (PROVINCIA di
SALERNO)**

LOCALITÀ : FILETTE

COMMITTENTE: COMUNE DI SAN GREGORIO MAGNO

Atena Lucana, febbraio 2020

Collaboratore
Dott. Geol. Angelo Nicola Giuliano

Il Direttore Tecnico
Dott. Geol. Francesco Di Gruccio

Sede Legale e laboratorio:

S.S. 19 delle Calabrie km 61+500 - 84030 Atena Lucana (SA) - info@geotest.it - tel/fax 0975374072 - cell 3803125804 - cell 3486904890
cod. fisc. / part. I.V.A. / n. iscriz. Reg. Imp. di Salerno: 03786890651 - R.E.A. 320856 - Cap. Soc. I.V. euro 110.000,00

SOMMARIO

CAPITOLO 1.....	3
PREMESSA.....	3
CAPITOLO 2.....	4
INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....	4
INDAGINE SISMICA.....	7
CAPITOLO 3.....	28
CARATTERIZZAZIONE SISMICA	29
RISCHIO SISMICO NEL DISS (DATABASE OF INDIVIDUAL SEISMOGENIC SOURCES)-INGV	41
CAPITOLO 4.....	41
NATURA E CARATTERISTICHE DEL SUOLO INVESTIGATO	42
CAPITOLO 5.....	43
CONCLUSIONI.....	43

PREMESSA

Per incarico ricevuto dal Comune di San Gregorio Magno è stata redatta una **relazione sismica**, per il progetto: “**REALIZZAZIONE IMPIANTO DI DEPURAZIONE DI SAN GREGORIO MAGNO**”, in loc. Filette.-San Gregorio Magno (SA). Con lo scopo di fornire le informazioni necessarie ai fini della caratterizzazione sismica dei terreni, della determinazione delle loro caratteristiche e del loro assetto lito-stratigrafico.

La struttura è ubicata nel Foglio n. 20, in prossimità del Vallone Taverne, SP268b, nel Comune di San Gregorio Magno (SA) e nel Foglio n.199 (Potenza) della Carta Geologica d'Italia in scala 1: 100.000.

Al fine di determinare le caratteristiche sismiche e geotecniche dei terreni interessati dalla struttura si è proceduti nel seguente modo:

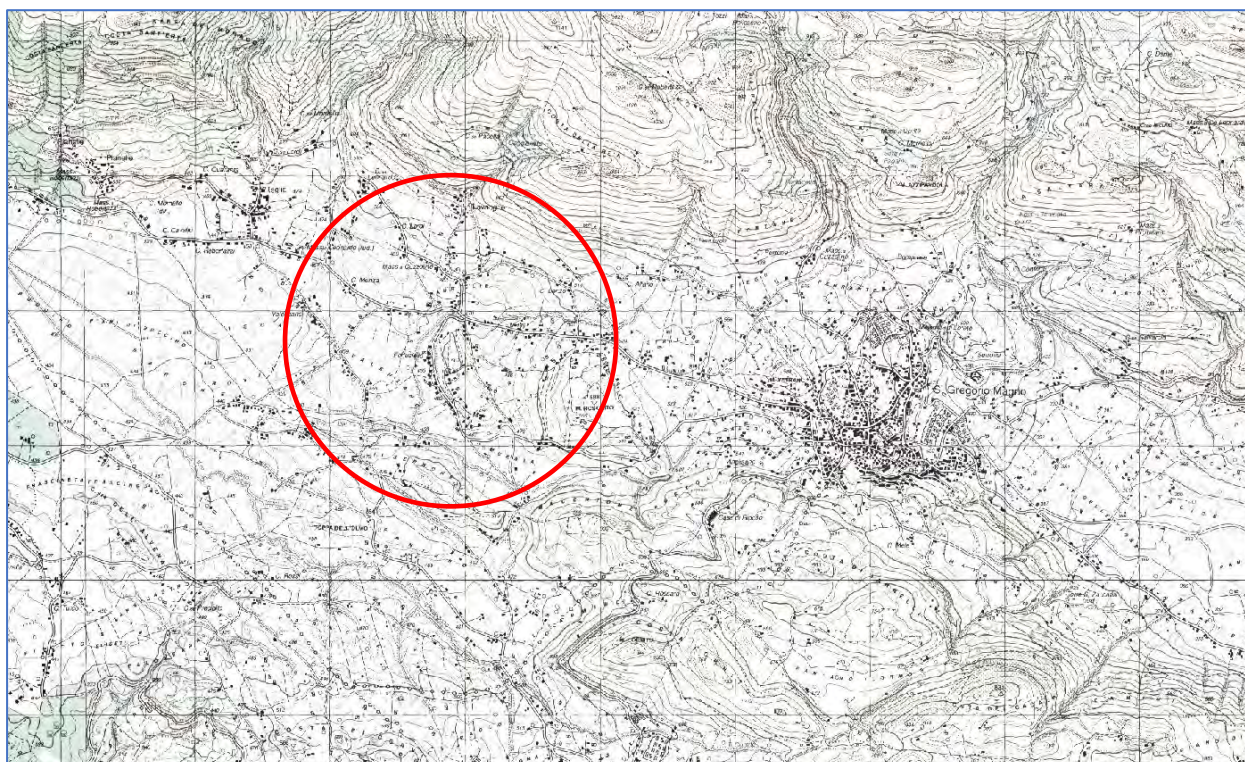
- **Ricerca bibliografica preliminare**
- **Reperimento della cartografia geologica e tematica esistente**
- **Rilevamento geologico speditivo** dell'area di intervento e di una significativa porzione di territorio circostante, quale strumento indispensabile sia per la caratterizzazione litostratigrafica che litotecnica dei terreni superficiali
- **Prospezione geosismica MASW-GRM**

Lo studio è stato, inoltre, eseguito tenendo conto delle prescrizioni contenute nella:

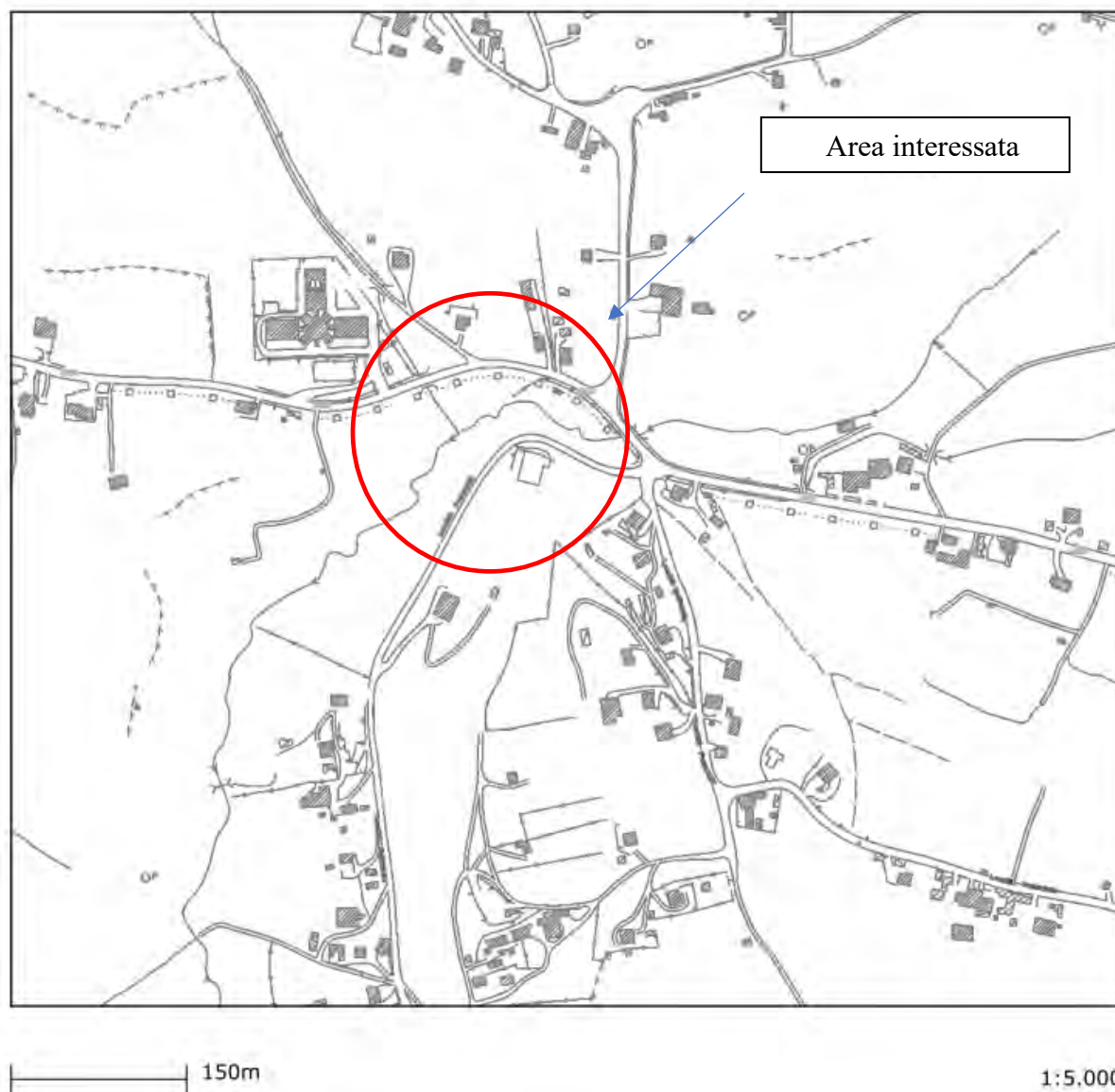
- Legge Regionale 7 febbraio 1983 n° 9, artt. 14 e 15-Norme per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di difesa del territorio dal rischio sismico.
- NTC 2018 del 17 gennaio 2018

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area interessata dal progetto, è ubicata in loc. Filette, San Gregorio Magno (SA). Il paese è situato nell'Alta Valle del Tanagro, al confine con la Basilicata ed è topograficamente individuabile nel Foglio n° 198 I NE-Buccino-IGM della Carta ufficiale dell'Istituto Geografico Militare, scala 1: 25.000 riportato in stralcio nella figura seguente.



Carta Tecnica Regionale



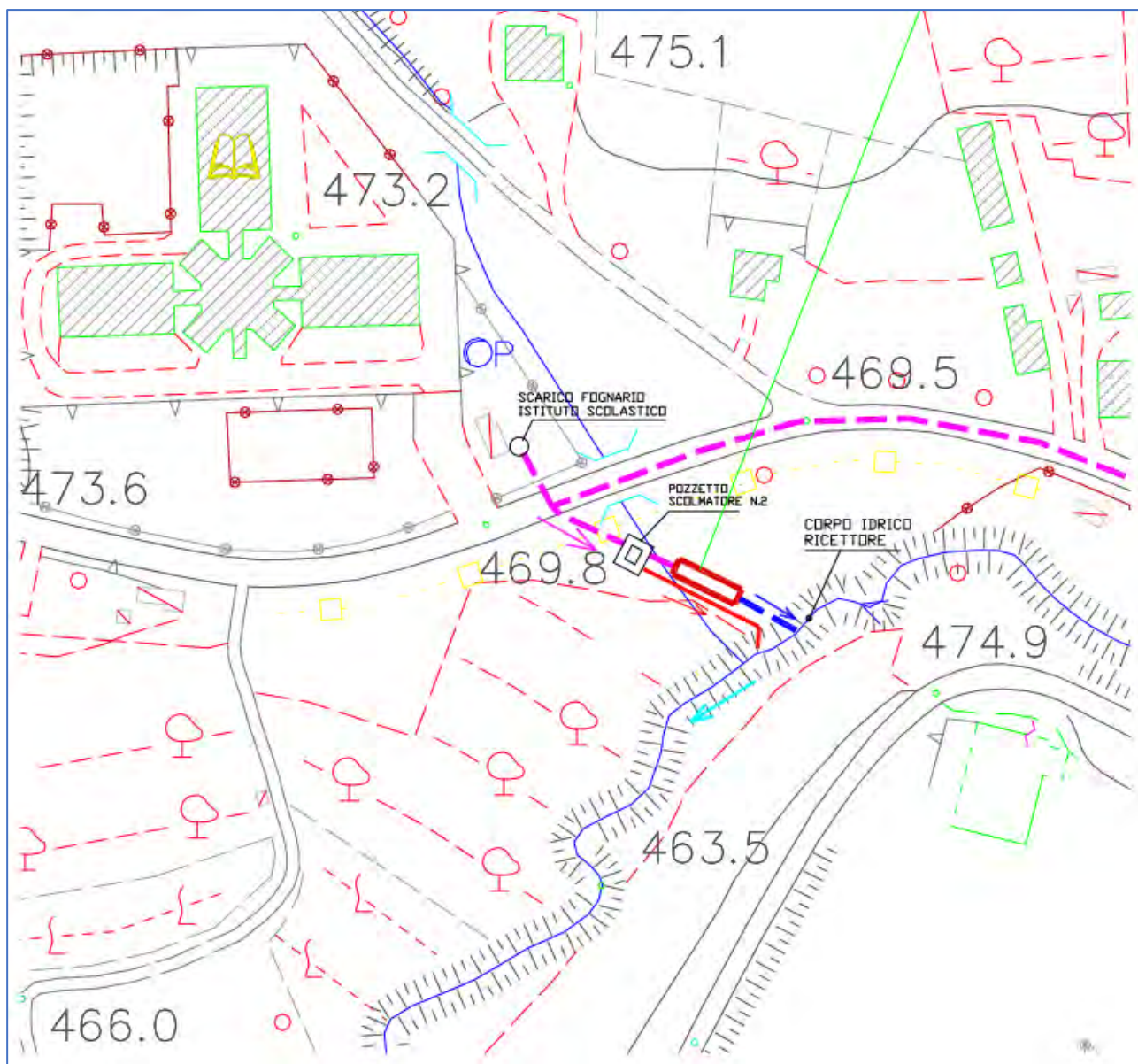
Comune di San Gregorio Magno-Foglio 20, part. 553-Ubicazione MASW-GRM

Catasto ortofoto



30m

1:1.000



Ubicazione delle opere

Ai fini della conoscenza geofisica dell'area di studio è stata eseguita una prospezione geofisica MASW-GRM.

SISMICA A RIFRAZIONE

La tecnica della sismica a rifrazione è una delle più usate nelle applicazioni di ingegneria civile, anche in considerazione del fatto che a differenza di altri metodi non sfrutta campi di forza naturali, ma richiede in genere l'immissione nel terreno di una certa quantità di energia la cui intensità, come pure la distanza fra sorgente e apparecchi di misura, può essere regolata per rispondere nel modo più esauriente possibile alle diverse problematiche.

L'indagine consiste nel generare in un punto preciso del terreno delle onde sismiche e di misurare ad intervalli regolari i tempi di arrivo ai sensori (geofoni), collocati lungo il profilo sismico. Attraverso lo studio dei tempi di percorso e quindi delle velocità delle onde, si può ricostruire la geometria degli strati presenti al di sotto della zona di indagine.

Le onde sismiche nel sottosuolo si propagano con velocità differente, a seconda delle caratteristiche fisico-elastiche degli strati attraversati. Quando un'onda sismica incontra una superficie di separazione tra due mezzi isotropi con caratteristiche elastiche diverse, una parte dell'energia si riflette nello stesso mezzo in cui si propaga l'onda incidente ed una parte si rifrange nell'altro (legge di Snell).

Per poter utilizzare il metodo è necessario che al di sotto dei terreni sciolti si trovi un orizzonte rifrattore ossia una roccia con caratteristiche fisico-meccaniche superiori tale che le velocità siano crescenti con la profondità.

L'apparecchiatura necessaria per le indagini è costituita da una serie di geofoni (generalmente 12 o 24) che vengono spazati regolarmente lungo un determinato allineamento e da un sismografo che registra l'istante di partenza della perturbazione ed i tempi di arrivo delle onde a ciascun geofono.

La registrazione, sia del momento dell'esplosione che del segnale amplificato da ciascun geofono, avviene simultaneamente su di un unico diagramma (sismogramma).

Solitamente, si hanno sismogrammi di diversi geofoni, posti a diversa distanza dalla sorgente: questi possono essere stampati in funzione del tempo e della distanza, in quelle che

vengono definite "registrazioni di scoppio" (shot records). La variazione Tempo / Distanza è detta "scostamento" (moveout).

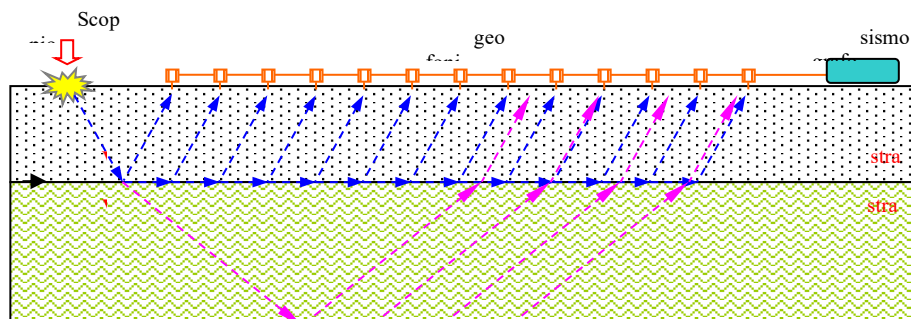


Fig. 1 – Rappresentazione schematica della propagazione delle velocità (V_p) nel sottosuolo e loro registrazione.

Il diagramma che rappresenta i tempi di propagazione delle onde sismiche in funzione della distanza del punto di emissione si definisce "curva di propagazione" o "dromocrona" ("travel time curve").

Ciò che essenzialmente conta, per il metodo a rifrazione, è identificare il tempo di arrivo della prima onda in ogni geofono ("first break picking").

CARATTERISTICHE DELLA STRUMENTAZIONE

SISMOGRAFO M.A.E. X610-S



- Convertitori: risoluzione 24 bit, tecnologia sigma-delta
- Range dinamico: 144 dB (teorico)
 - Distorsione massima: $\pm 0.0010\%$
 - Banda passante: 2Hz-30KHz
 - Common mode rejection: 110 dB a 60 Hz
 - Diafonia: -120dB a 20 Hz
 - Soglia di rumore dell'amplificatore programmabile: 27nV

- Precisione del trigger: 1/30 del tempo di campionatura
- Range massimo segnale in ingresso: +/-5V
- Impedenza di ingresso a 1000 campioni /secondo: 20Mohm
- Livelli di amplificazione: 0 dB, 6 dB, 12 dB, 18 dB, 24 dB, 30 dB, 36 dB impostabili singolarmente per ogni canale o per gruppi di canali liberamente organizzabili

Dati tecnici:

Risoluzione acquisizione	<i>24 bit con sovracampionamento</i>
Trattamento dati	<i>Floating Point 32 bit</i>
Numero di canali	<i>48-72</i>
Compatibilità dati acquisiti	<i>SEG-2 standard (32-bit long integer) o ASCII</i>
Accuratezza	<i>± 0.01 %</i>
Geofono	<i>4,5 Hz</i>
Software	<i>EASY REFRACT-GEOSTRU</i>

INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI

I sondaggi di sismica a rifrazione sul sito investigato sono stati elaborati ed interpretati utilizzando il software EASY REFRACT della GEOSTRU.

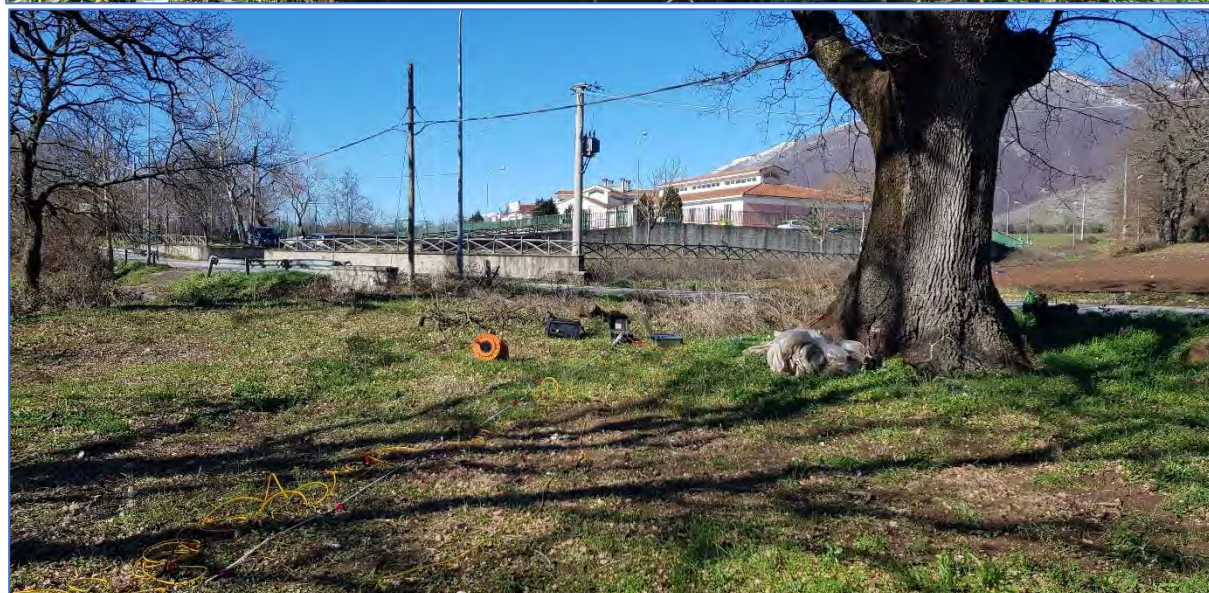
La prima fase dell'elaborazione consiste nella determinazione dei “Primi Arrivi” adottando diverse metodologie, dalla cross-correlation alla wavelet-analysis, reiterando il procedimento per raffinare i risultati ottenuti con continui controlli della compatibilità tra i tempi identificati e quelli derivati dall'interpolazione dei geofoni adiacenti. La seconda fase consiste nel calcolo delle dromocrone ovvero delle rette che presentano il miglior coefficiente di correlazione con i tempi dei Primi Arrivi precedentemente determinati.

Dati generali

Descrizione REALIZZAZIONE IMPIANTO DI DEPURAZIONE DI SAN GREGORIO MAGNO

Committente Comune di San Gregorio Magno
Zona Strada Provinciale 268b-loc. Filette
Operatore Dott. Geol. Angelo Nicola Giuliano
Responsabile Dott. Geol. Francesco Di Gruccio
Data 12/02/2020
Via SP 268b
Latitudine 40.66642[°]
Longitudine 15.36394[°]
Altitudine 469[m]





Geometria geofoni

	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	0.0	0.0
2	1.0	0.0
3	2.0	0.0
4	3.0	0.0
5	4.0	0.0
6	5.0	0.0
7	6.0	0.0
8	7.0	0.0
9	8.0	0.0
10	9.0	0.0
11	10.0	0.0
12	11.0	0.0
13	12.0	0.0
14	13.0	0.0

15	14.0	0.0
16	15.0	0.0
17	16.0	0.0
18	17.0	0.0
19	18.0	0.0
20	19.0	0.0
21	20.0	0.0
22	21.0	0.0
23	22.0	0.0
24	23.0	0.0

Dati battute

Battuta 1

Posizione sorgente X -3 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]

Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	4.5674
1.0	7.6124
2.0	10.6573
3.0	13.7022
4.0	16.7472
5.0	19.7921
6.0	22.8371
7.0	25.8820
8.0	28.9270
9.0	31.9719
10.0	31.9719
11.0	37.3006
12.0	38.8230
13.0	44.1517
14.0	46.4354
15.0	47.1966
16.0	47.9579
17.0	50.2416
18.0	51.0028
19.0	51.0028
20.0	51.7641
21.0	53.2865
22.0	54.8090
23.0	55.5702

Battuta 2

Posizione sorgente X 12 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]

Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	31.9719
1.0	31.2107
2.0	28.9270
3.0	25.8820
4.0	22.8371
5.0	20.5534
6.0	17.5084
7.0	15.2247
8.0	12.9410
9.0	9.1348
10.0	6.8511
11.0	2.2837
12.0	4.5674
13.0	7.6124
14.0	9.8961
15.0	13.7022
16.0	16.7472
17.0	19.7921
18.0	21.3146
19.0	22.0758
20.0	25.1208
21.0	26.6433
22.0	28.9270
23.0	31.9719

Battuta 3

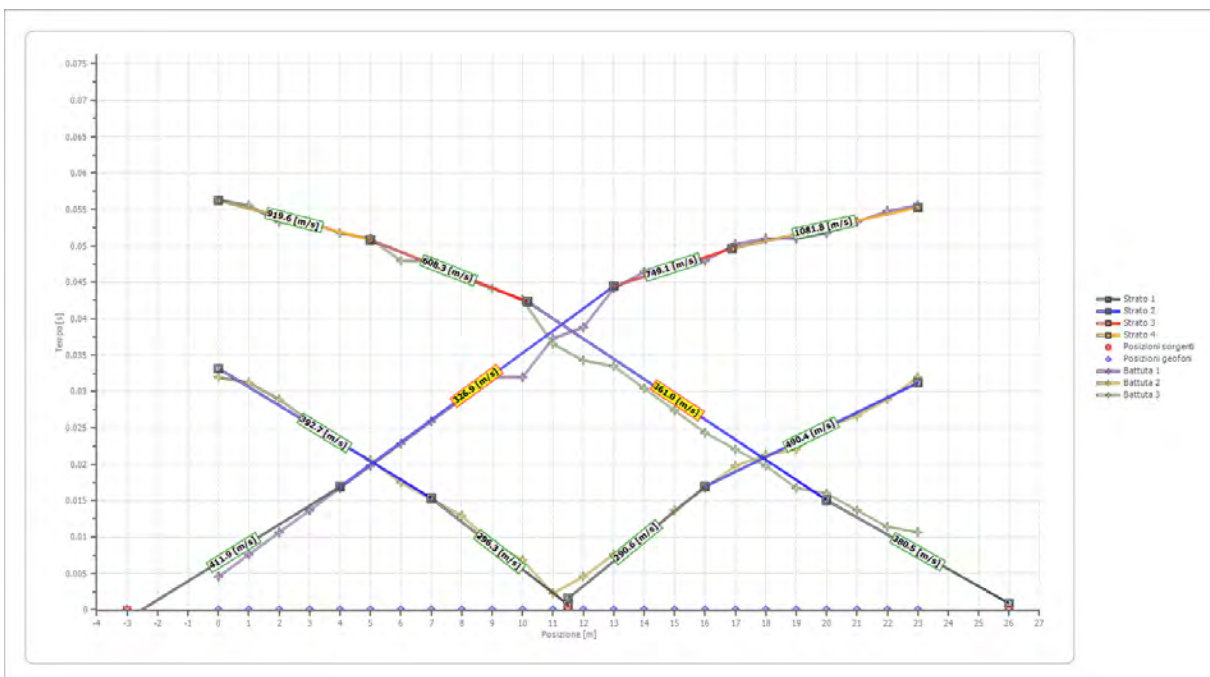
Posizione sorgente X 26 [m]

Posizione sorgente Z 0 [m]

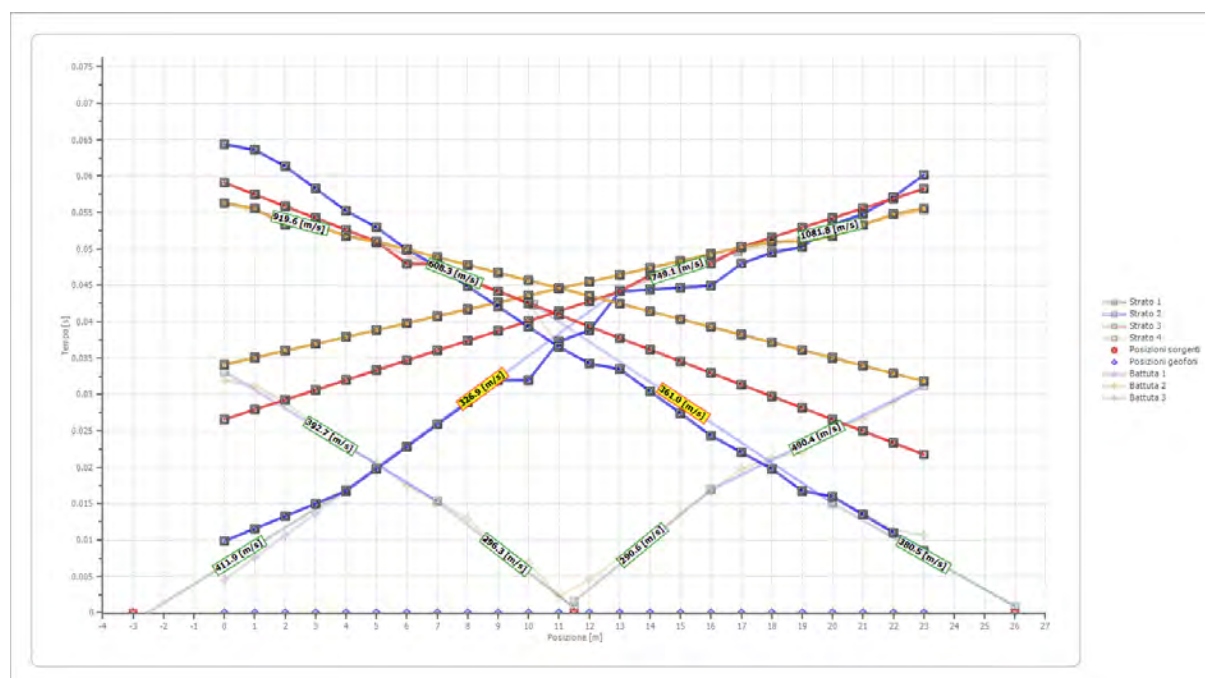
Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	56.3315
1.0	55.5702
2.0	53.2865
3.0	53.2865
4.0	51.7641
5.0	51.0028
6.0	47.9579
7.0	47.9579
8.0	45.6742
9.0	44.1517
10.0	42.6292
11.0	36.5393
12.0	34.2556
13.0	33.4944

14.0	30.4494
15.0	27.4045
16.0	24.3596
17.0	22.0758
18.0	19.7921
19.0	16.7472
20.0	15.9860
21.0	13.7022
22.0	11.4185
23.0	10.6573

Dromocrone



Dromocrone traslate



Interpretazione col metodo G.R.M.

XY: 0

	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3	Strato n. 4
G= 0.0 [m]	1.3	5.8	8.1	--
G= 1.0 [m]	1.6	5.7	8.2	--
G= 2.0 [m]	1.4	5.6	7.7	--
G= 3.0 [m]	1.0	5.7	8.3	--
G= 4.0 [m]	0.6	5.8	8.2	--
G= 5.0 [m]	0.8	5.6	8.3	--
G= 6.0 [m]	0.8	5.2	8.6	--
G= 7.0 [m]	1.1	5.5	8.2	--
G= 8.0 [m]	1.1	5.2	8.4	--
G= 9.0 [m]	1.2	5.1	8.4	--
G= 10.0 [m]	0.4	5.3	8.5	--
G= 11.0 [m]	1.1	5.0	8.4	--
G= 12.0 [m]	0.9	5.0	8.4	--
G= 13.0 [m]	2.3	4.4	8.2	--
G= 14.0 [m]	1.5	4.9	8.1	--
G= 15.0 [m]	0.6	5.0	8.4	--
G= 16.0 [m]	0.0	5.0	8.7	--
G= 17.0 [m]	0.0	5.2	8.5	--
G= 18.0 [m]	0.0	5.1	8.4	--
G= 19.0 [m]	0.0	5.0	8.0	--
G= 20.0 [m]	0.0	5.0	8.0	--
G= 21.0 [m]	0.0	4.9	8.2	--
G= 22.0 [m]	0.0	4.8	8.5	--

G= 23.0 [m]	0.0	4.7	8.4	--
Velocità [m/sec]	344.8	424.3	665.2	1010.9
Descrizione				

Altri parametri geotecnici

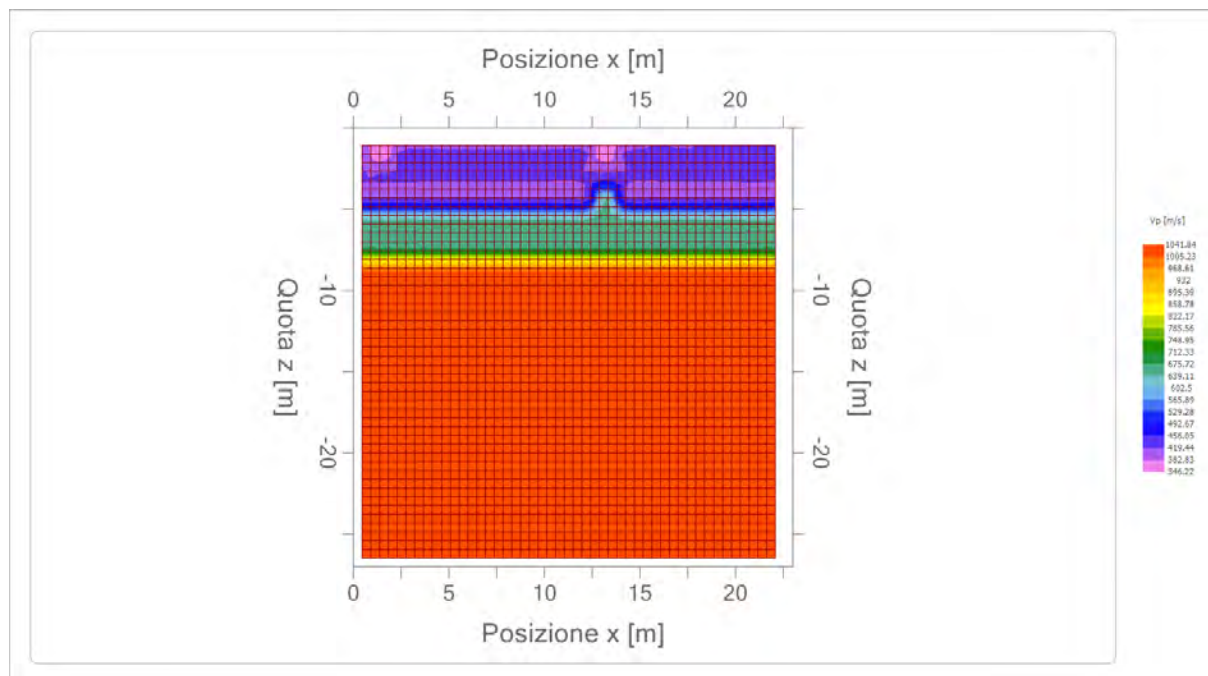
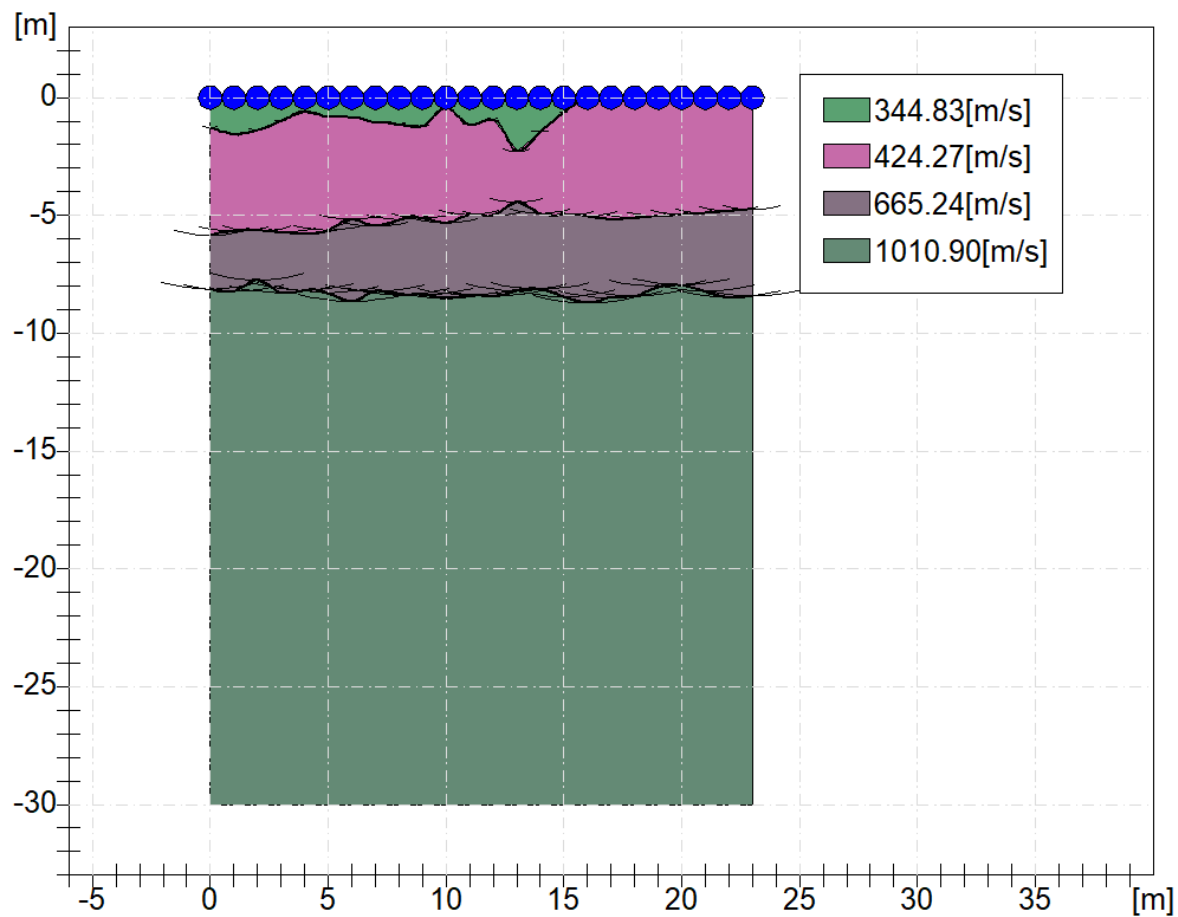
	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3	Strato n. 4
Coefficiente Poisson	0.35	0.35	0.35	0.35
Densità [kg/m ³]	1800.00	1800.00	1800.00	1800.00
Vp [m/s]	344.83	424.27	665.24	1010.90
Vs [m/s]	165.65	203.81	319.57	485.62
G0 [MPa]	49.39	74.77	183.83	424.49
Ed [Mpa]	21.403	32.400	79.658	183.947
M0 [MPa]	16.464	24.923	61.276	141.497
Ey [Mpa]	13.336	20.188	49.633	114.613

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;



Easy MASW

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,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.

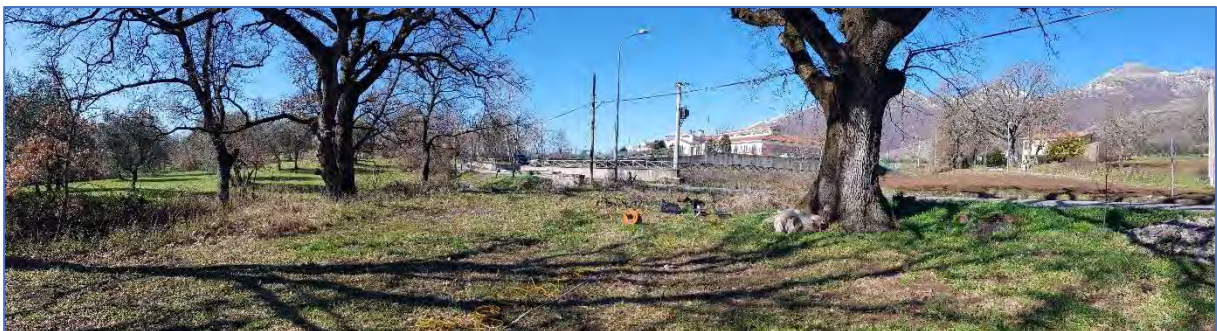
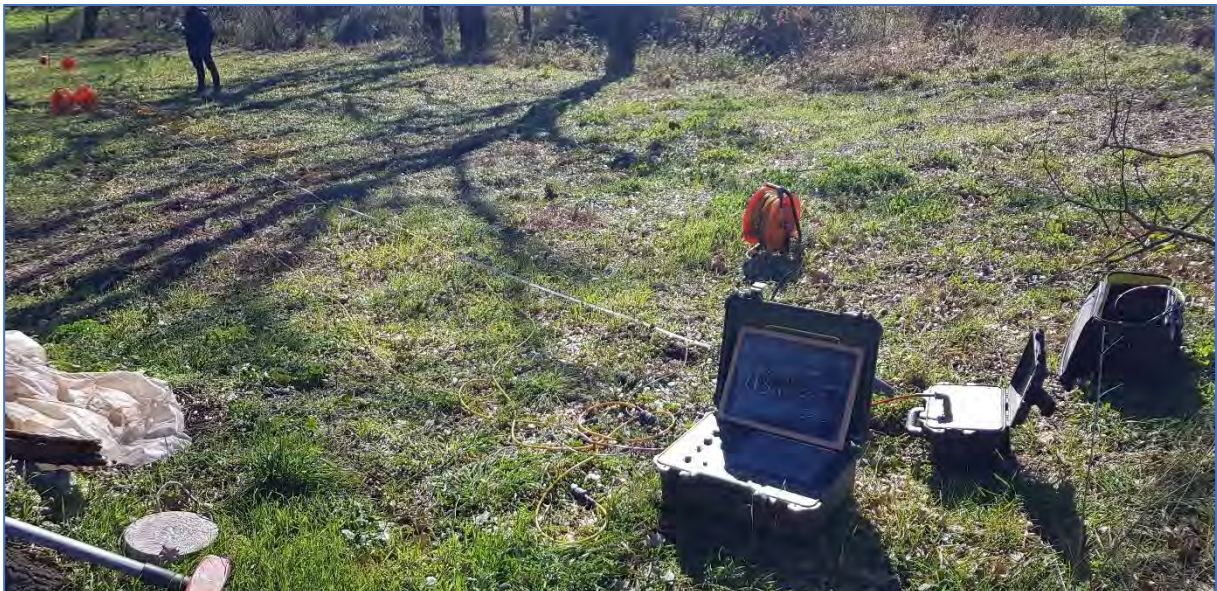
Profondità di indagine

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.

Dati generali

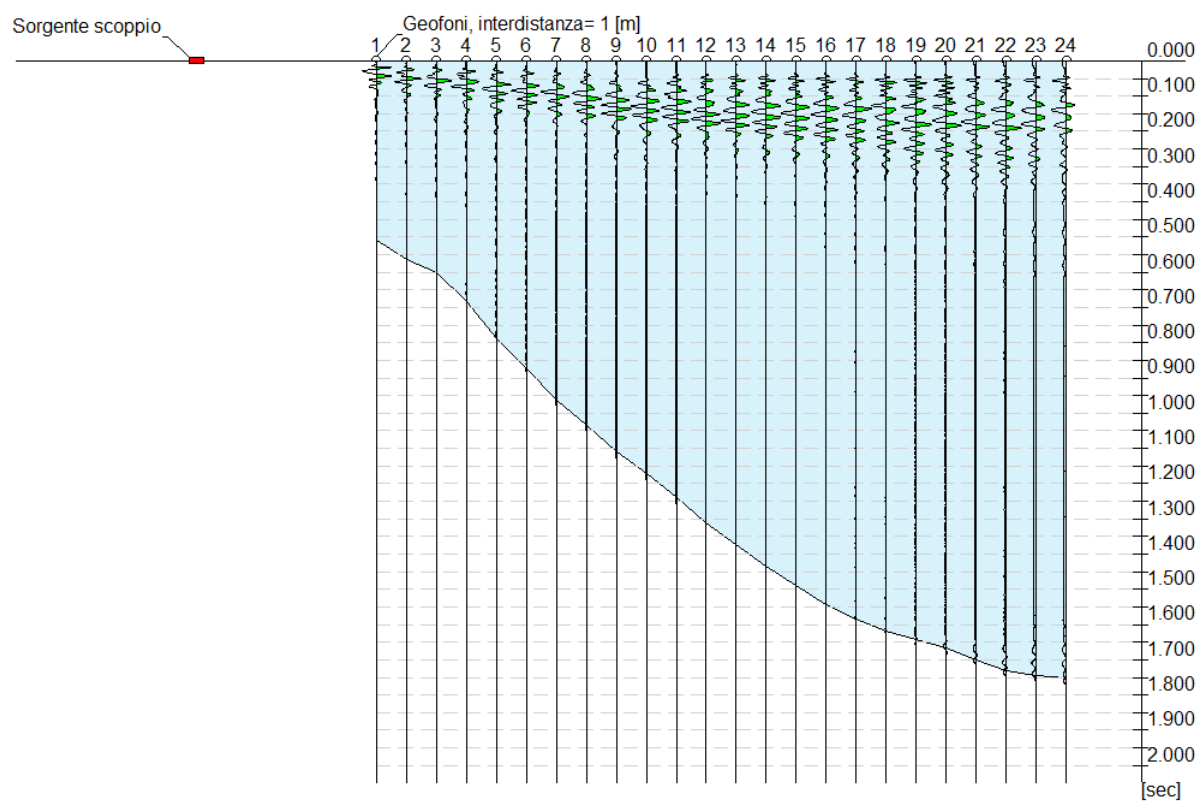
Committente	Comune di San Gregorio Magno
Cantiere	Strada Provinciale 268b-Loc. Filette
Operatore	Dott. Geol. Angelo Nicola Giuliano
Responsabile	Dott. Geol. Francesco Di Gruccio
Data	12/02/2020 11:15
Latitudine	40.6664
Longitudine	15.3639





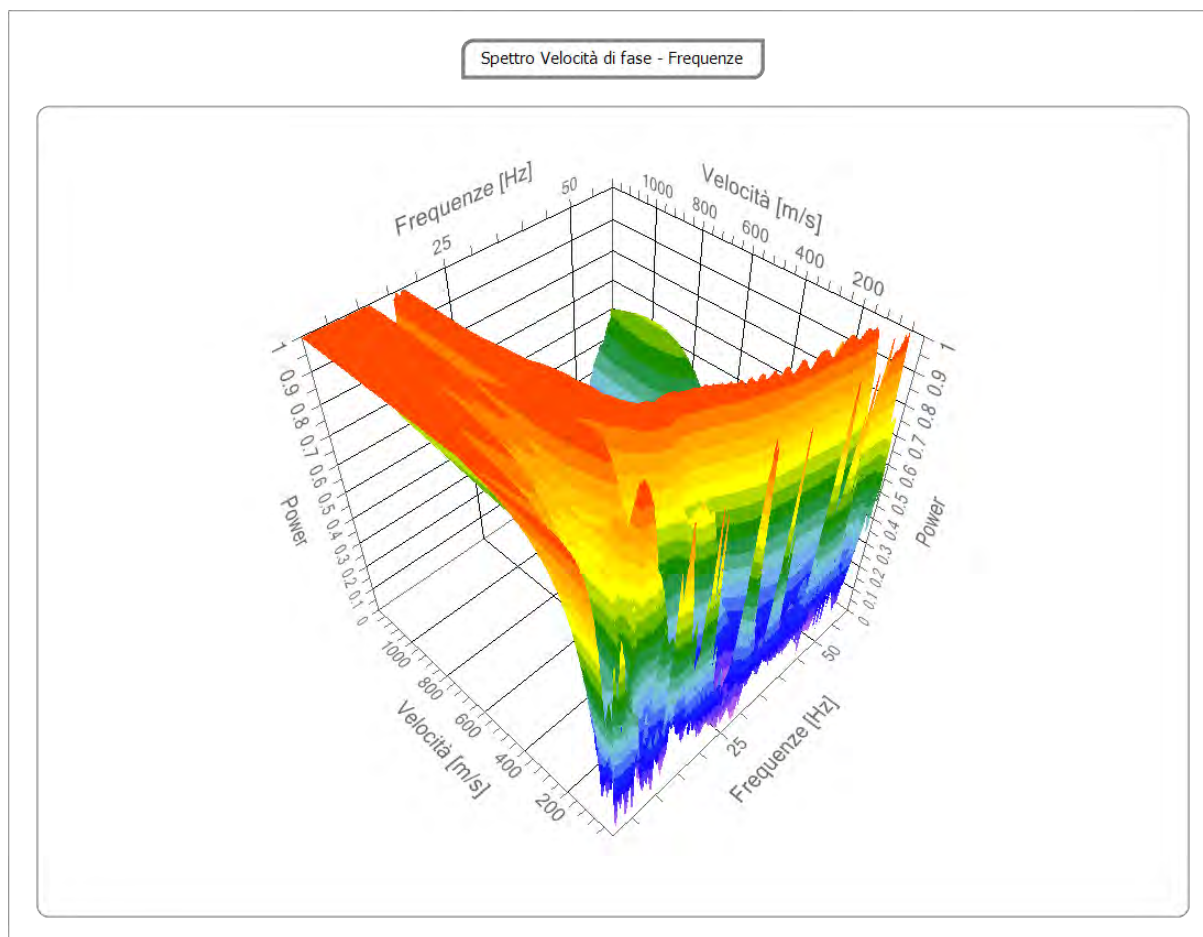
Tracce

N. tracce	24
Durata acquisizione [msec]	2048.0
Interdistanza geofoni [m]	1.0
Periodo di campionamento [msec]	1.00



Analisi spettrale

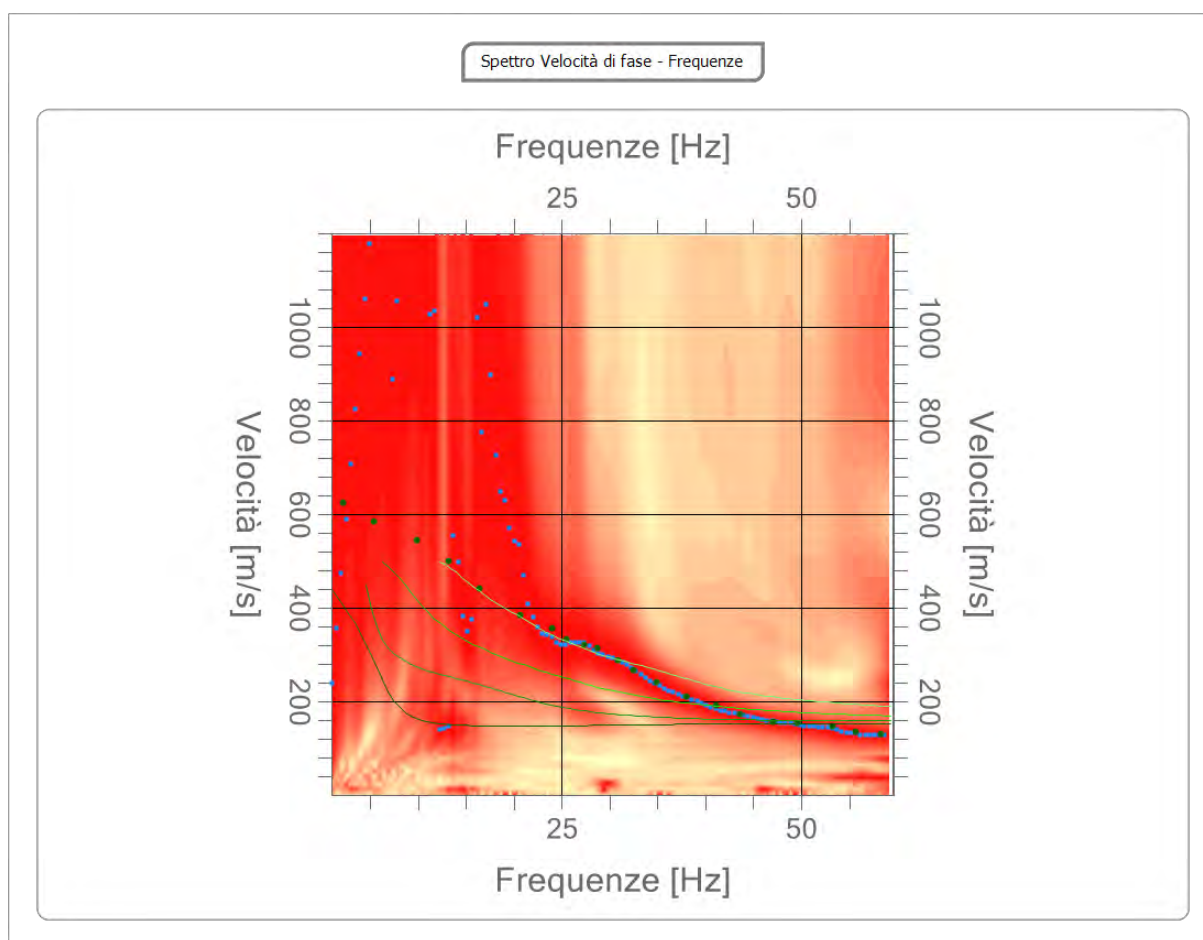
Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	60
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	1200
Intervallo velocità [m/sec]	1



Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	2.2	626.2	0
2	5.3	584.6	0
3	9.9	545.3	0
4	13.1	501.2	0
5	16.4	442.3	0
6	20.7	386.0	0

7	23.9	356.5	0
8	25.5	334.5	0
9	27.3	322.2	0
10	28.7	314.8	0
11	30.9	287.9	0
12	32.5	268.3	0
13	34.9	241.3	0
14	38.0	211.9	0
15	41.1	192.3	0
16	43.6	172.6	0
17	47.1	157.9	0
18	49.6	155.5	0
19	53.2	148.1	0
20	55.6	135.9	0
21	58.3	131.0	0



Inversione

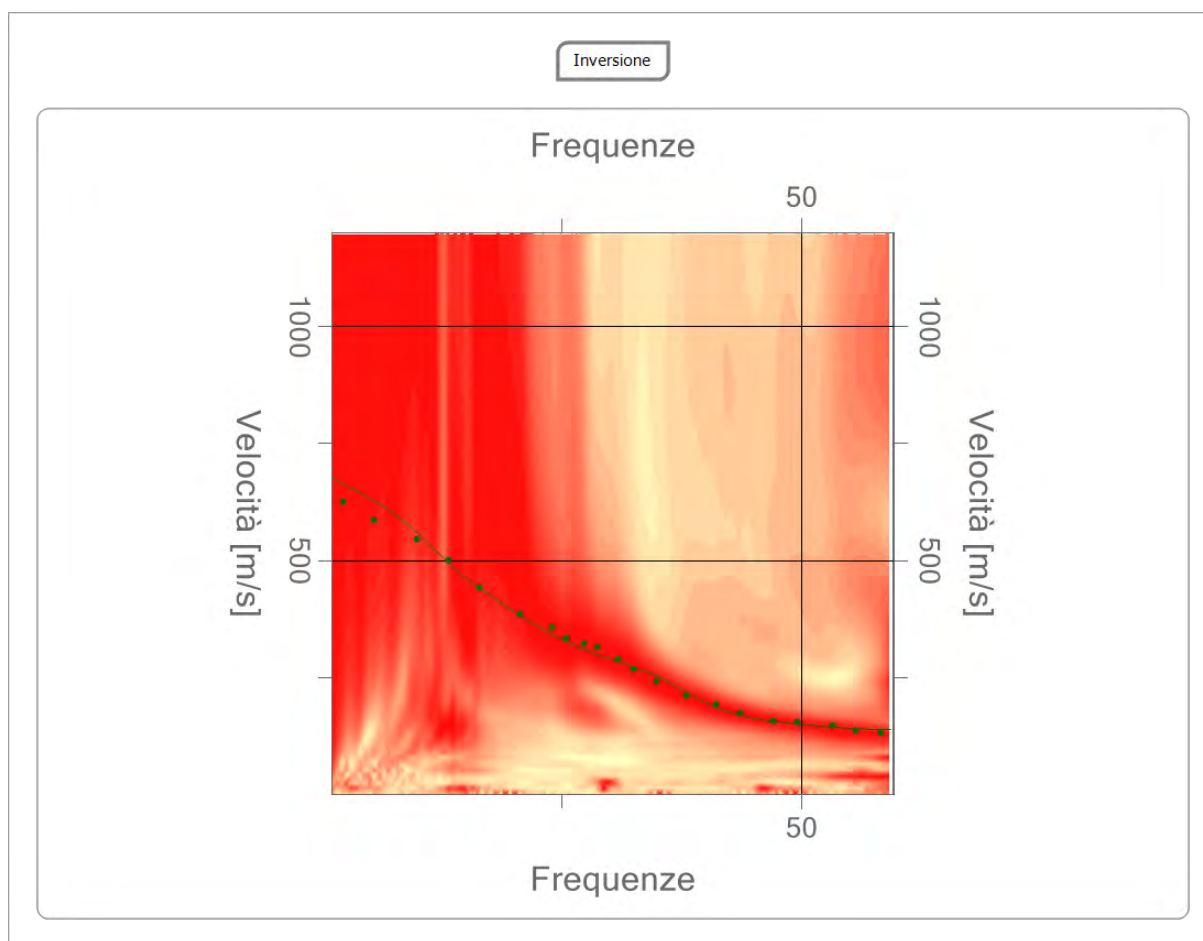
n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		1.48	1.48	1800.0	0.3	No	260.3	139.1
2		4.49	3.01	1800.0	0.3	Si	692.5	370.2
3		9.32	4.83	1800.0	0.3	Si	977.4	522.4
4		18.70	9.38	1800.0	0.3	Si	1095.3	585.4
5		33.17	14.46	1800.0	0.3	No	1390.7	743.4
6		oo	oo	1800.0	0.3	No	1389.8	742.9

Percentuale di errore

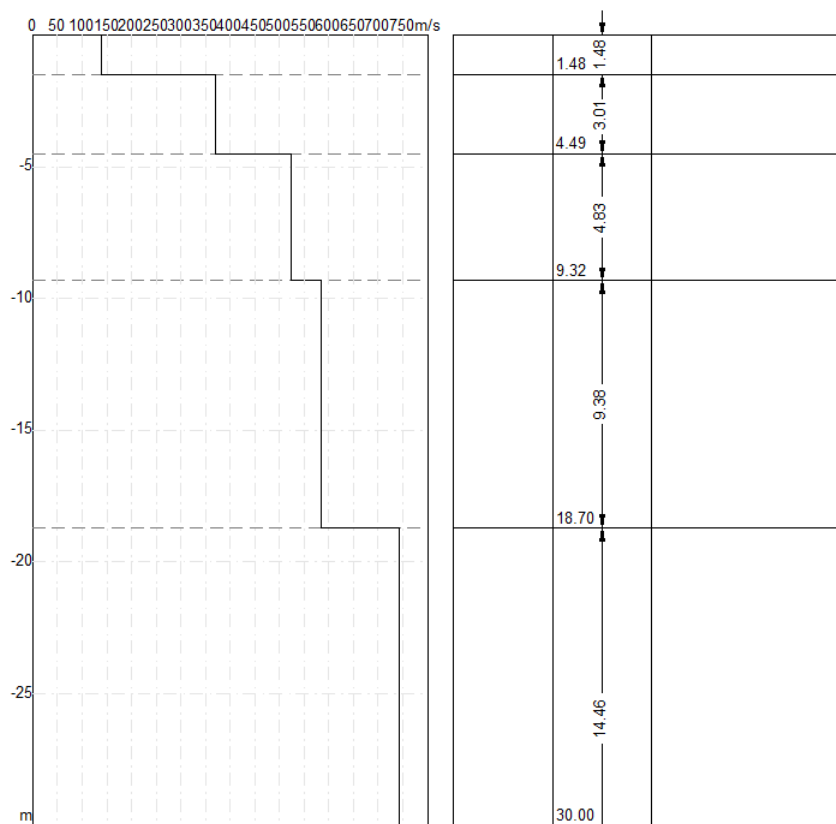
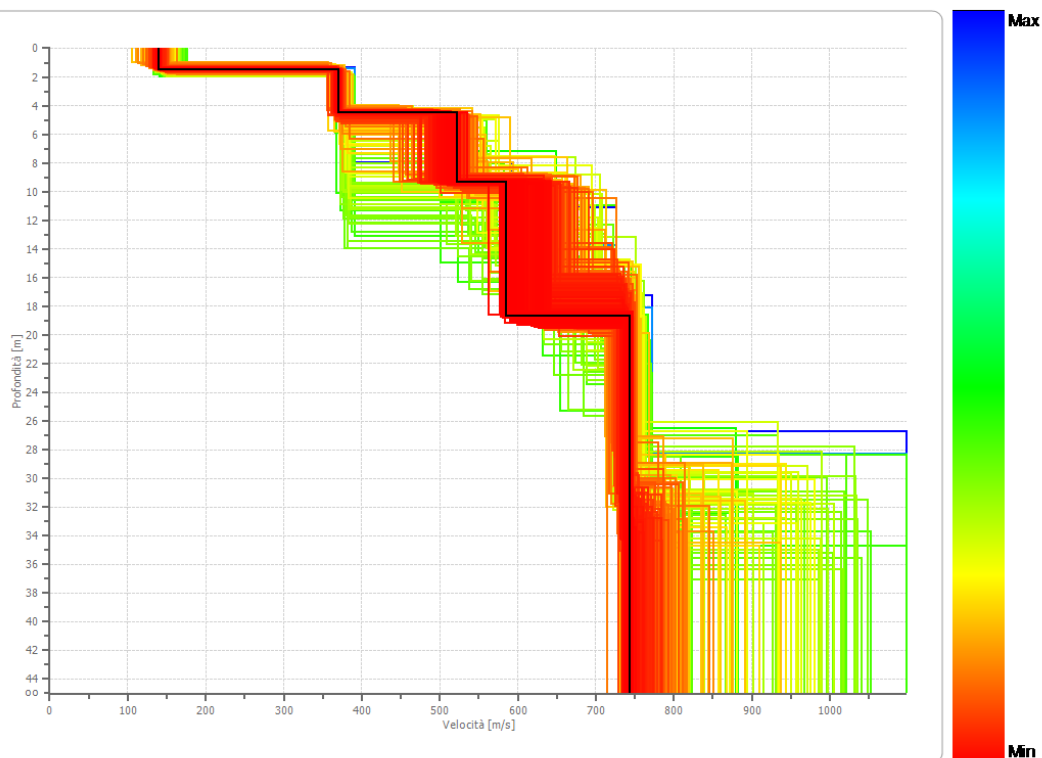
0.184 %

Fattore di disadattamento della soluzione

0.037



Profilo di velocità



Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)	506.42
Categoria del suolo	B

Suolo di tipo 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.

Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kN/mc]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]
1	1.48	1.48	139.13	260.28	16,14	0.30	34.84	12.195	7.549	9.059
2	4.49	3.01	370.16	692.51	19,44	0.30	246.64	86.323	53.438	64.126
3	9.32	4.83	522.42	977.36	20,75	0.30	491.26	171.940	106.439	127.727
4	18.70	9.38	585.44	1095.25	21,21	0.30	616.92	215.923	133.667	160.400
5	33.17	14.46	743.36	1390.70	22,19	0.30	994.65	348.127	215.507	258.608
6	oo	oo	742.89	1389.83	22,19	0.30	993.41	347.692	215.238	258.285

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

STRATO	G (Mpa)	$N_{60}=(G/15,56)\exp(1/2)$	$Dr=100*(N60/60)^{1/2}$
1	34,84	3,27	23,35
2	246,64	58,18	98,47
3	491,26	160,27	163,44
4	616,92	224,04	193,23
5	994,65	452,25	274,55
6	993,41	451,43	274,29

STRATO	Vp (m/s)	Densità geofisica= $0,51 * Vp_{m/sec}^{0,19}$	Y (kN/mc)	ϕ =(in gradi)
1	260,28	1,4672	16,1397	19
2	692,51	1,7671	19,4377	30
3	977,36	1,8866	20,7526	31
4	1095,25	1,9279	21,2066	39
5	1390,7	2,0174	22,1910	51
6	1389,83	2,0171	22,1884	52

z (m)	Vs (m/s)	Vp (m/s)	Pesi di volume (Keceli) (kN/mc)
1,48	139,13	260,28	14,76806693
3,01	370,16	692,51	18,8610483
4,83	522,42	977,36	20,55764699
9,38	585,44	1095,25	21,15139685
14,46	743,36	1390,7	22,4526834
3,16	742,89	1389,83	22,44913356

Calcolo coesione non drenata (Oh e altri) (kPa)	Coesione drenata (kPa)	qult (kN/mq)
46,24714829	18,49885932	87,6623
134,0912548	53,6365019	917,7780
191,9847909	76,79391635	2.098,2169
215,9467681	86,37870722	2.757,7863
275,9923954	110,3969582	4.891,9378
275,8136882	110,3254753	4.884,5179

qamm per VS<400 m/s (kN/mq)	qamm per VS=400/700 m/s (kN/mq)
58,7734	
199,7064	
	357,1583
	411,8025
	555,0537
	554,6151

Modulo di reazione di Winkler (kN/mc)	Rapporto Vp/Vs
3.484,5756	1,870768346
36.481,6755	1,870839637
83.404,1223	1,870831898
109.622,0072	1,870815113
194.454,5279	1,870829746
194.159,5865	1,870842251

CARATTERIZZAZIONE SISMICA

L'NTC 2018 del 17 gennaio 2018, recante “Norme Tecniche per le Costruzioni” raccoglie in forma unitaria le norme che disciplinano la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle costruzioni al fine di garantire, per stabiliti livelli sicurezza, la pubblica incolumità. Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

Per la definizione dell'azione sismica di un sito vengono utilizzate al meglio le possibilità offerte dalla definizione della pericolosità sismica italiana, recentemente prodotta e messa in rete dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV).

L'azione sismica è ora valutata in condizioni *free field* su sito di riferimento rigido a superficie orizzontale, riferendosi non ad una zona sismica territorialmente coincidente con più entità amministrative, ad un'unica forma spettrale e ad un periodo di ritorno prefissato ed uguale per tutte le costruzioni, come avveniva in precedenza, bensì sito per sito e costruzione per costruzione.

La pericolosità sismica di un sito è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo, in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato. Nelle NTC, tale lasso di tempo, espresso in anni, è denominato “periodo di riferimento” V_R e la probabilità è denominata “probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento” P_{V_R} .

Ai fini della determinazione delle azioni sismiche di progetto nei modi previsti dalle NTC, la pericolosità sismica del territorio nazionale è definita convenzionalmente facendo riferimento ad un sito rigido (di categoria A) con superficie topografica orizzontale (di categoria T1), in condizioni *free field*, cioè in assenza di manufatti.

La caratterizzazione sismica del sottosuolo, eseguita attraverso l'indagine sismica di tipo MASW, consente di definire il sito d'intervento, così come riportato di seguito:

COORDINATE DEL SITO: (WGS84 UTM)

Latitudine 40.66642[°]

Longitudine 15.36394[°]

LITOLOGIA PREVALENTE: **Depositi eluvio-colluviali e fluviali**

ZONA SISMICA: 1

CLASSE D'USO: 4

COEFFICIENTE D'USO: 2

VITA NOMINALE: **≥50 ANNI**

CATEGORIA TOPOGRAFICA: **T1**

PERIODO DI RIFERIMENTO: **≥100 ANNI**

Risultati

Profondità piano di posa [m] 0.00

Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m) 506.42

Categoria del suolo B

CATEGORIA DI SOTTOSUOLO: B

CALCOLO DEI COEFFICIENTI SISMICI: FONDAZIONI E STABILITÀ DEI PENDII

Ai fini della suddetta normativa le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- ag accelerazione orizzontale massima al sito;
- Fo valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.
- Tc* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

VITA NOMINALE, CLASSI D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO

VITA NOMINALE

La vita nominale di un'opera strutturale VN è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata.

La vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata nella Tab. 2.4.I e deve essere precisata nei documenti di progetto.

Tabella 2.4.I – Vita nominale V_N per diversi tipi di opere

	TIPI DI COSTRUZIONE	Vita Nominale V_N (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva (1)	≥ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

(1) Le verifiche sismiche di opere provvisorie o strutture in fase costruttiva possono omettersi quando le relative durate previste in progetto siano inferiori a 2 anni.

CLASSI D'USO

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

Classe I:	Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
Classe II:	Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV , reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
Classe III:	Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV . Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
Classe IV:	Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale N per il coefficiente d'uso C_U :

$$V_R = N \times C_U$$

Il valore del coefficiente d'uso C_U è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato in Tab. 2.4.II.

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso C_U

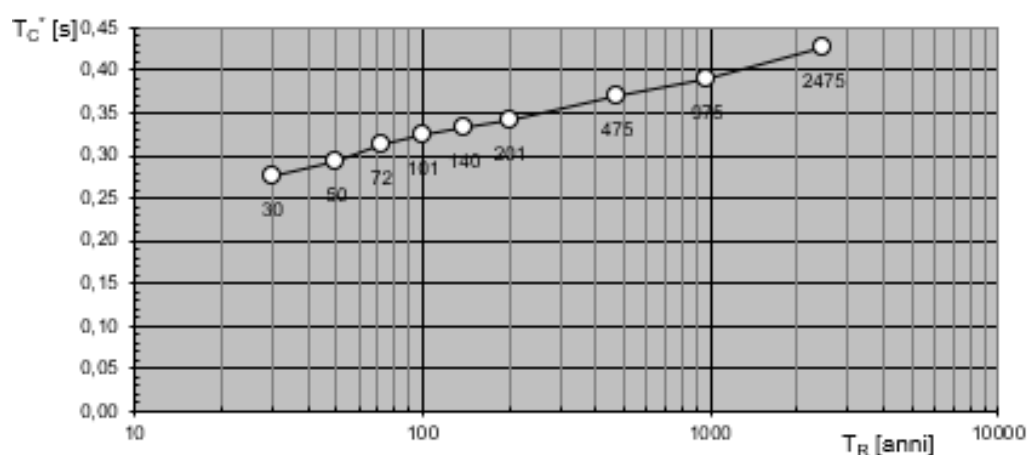
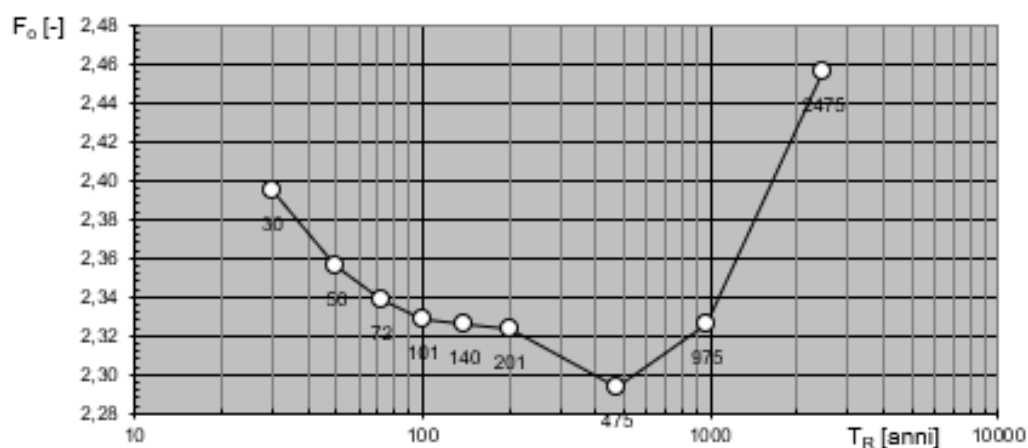
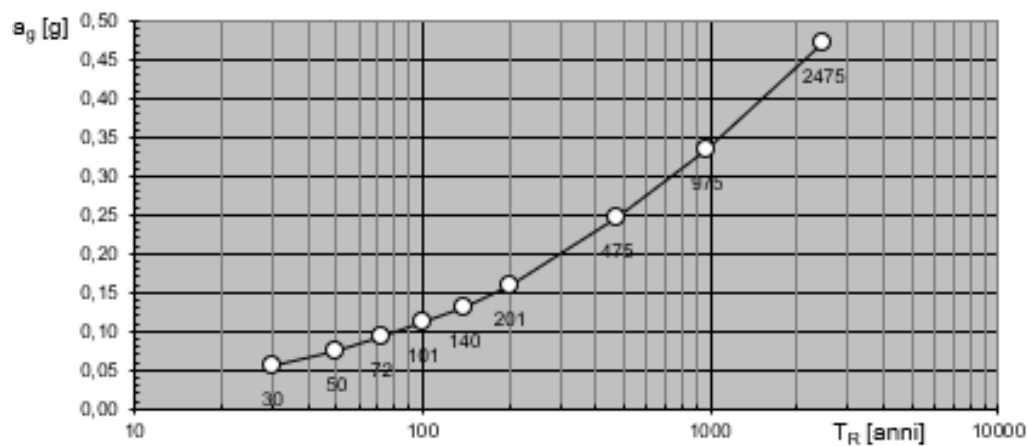
CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Se $V_R \leq 35$ anni si pone comunque $V_R = 35$ anni.

PARAMETRI SISMICI

Per il sito d'intervento, avendo considerato un periodo di riferimento V_R pari a ≥ 50 anni, vengono forniti i valori di a_g , F_0 e T_c^* necessari per la determinazione delle azioni sismiche:

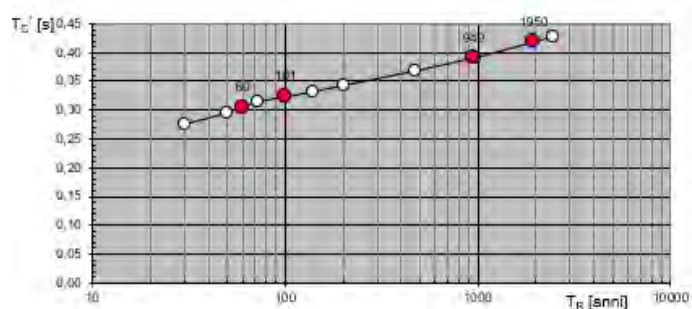
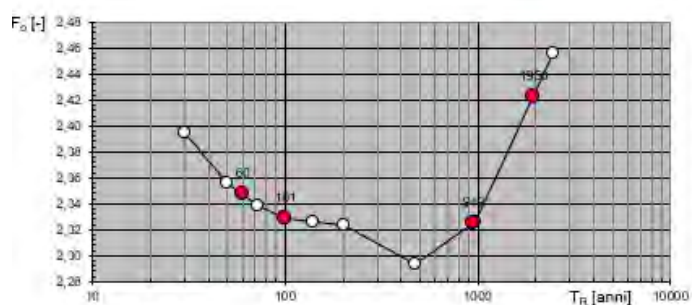
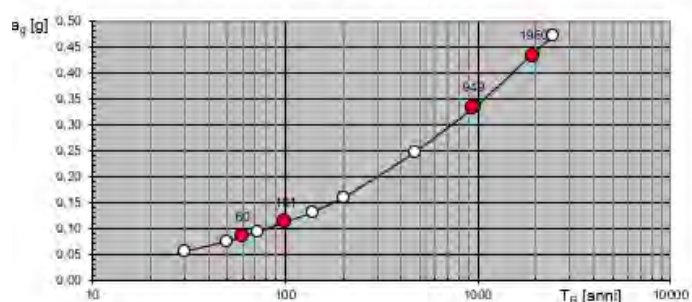
Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* : variabilità col periodo di ritorno T_R



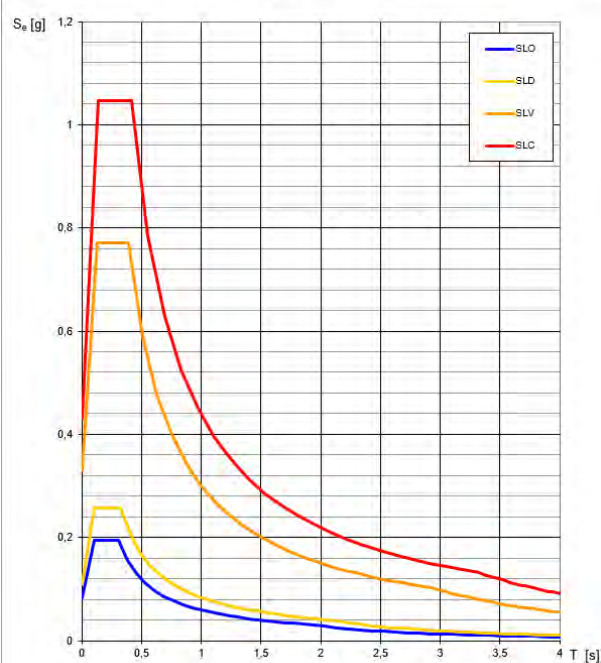
Valori dei parametri a_g , F_o , T_C per i periodi di ritorno T_R di riferimento

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C [s]
30	0,056	2,395	0,276
50	0,075	2,357	0,294
72	0,092	2,339	0,314
101	0,111	2,329	0,324
140	0,132	2,326	0,333
201	0,159	2,323	0,343
475	0,246	2,293	0,369
975	0,335	2,326	0,390
2475	0,471	2,457	0,428

Valori di progetto dei parametri a_g , F_o , T_C in funzione del periodo di ritorno T_R



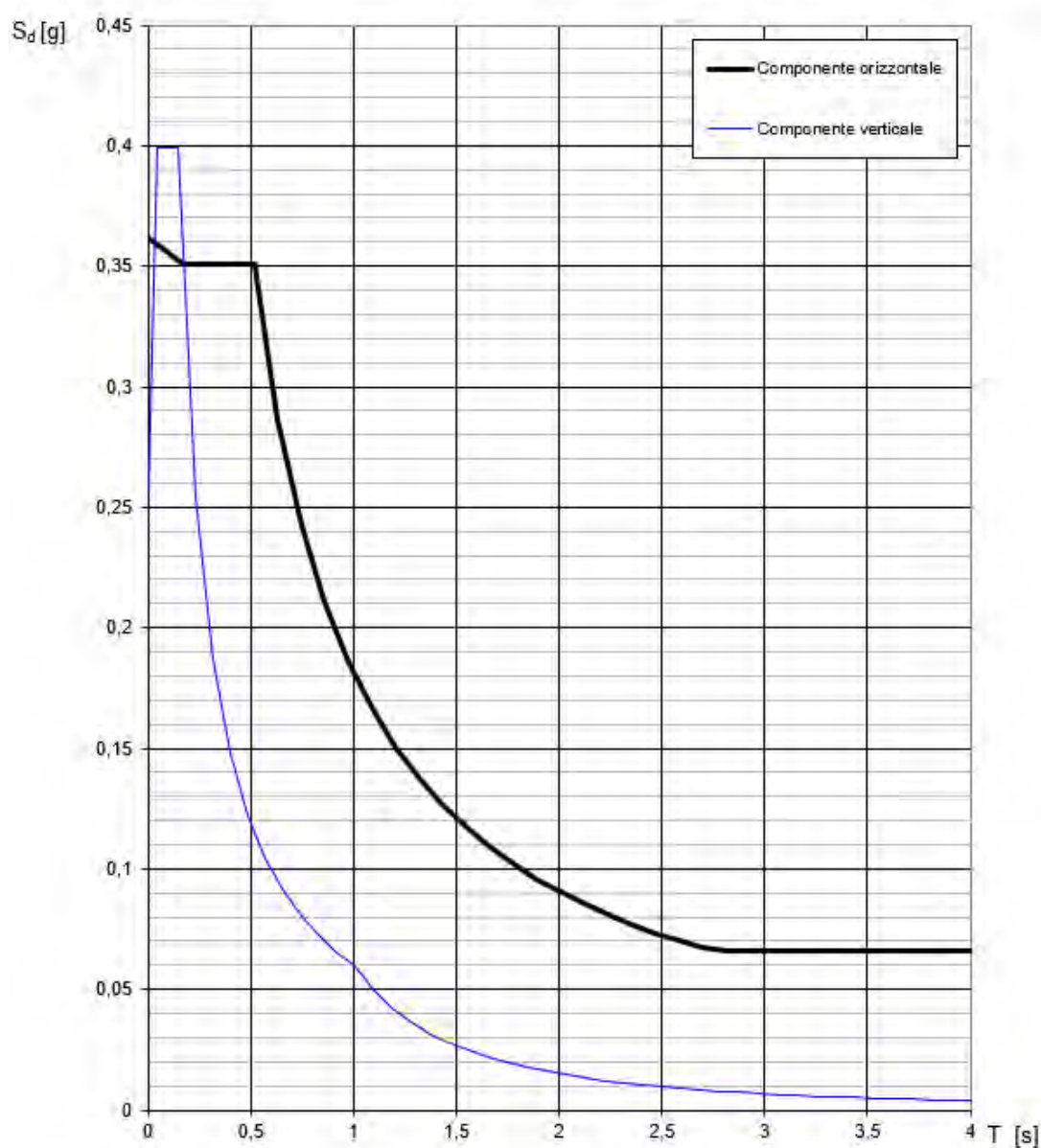
Spettri di risposta elastica per i diversi Stati Limite



Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	60	0,083	2,348	0,304
SLD	101	0,110	2,329	0,324
SLV	949	0,331	2,325	0,390
SLC	1950	0,432	2,422	0,418

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV



Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0,331 g
F_a	2,325
T_c	0,390 s
S_s	1,092
C_c	1,328
S_T	1,000
q	2,400

Parametri dipendenti

S	1,092
η	0,417
T_B	0,173 s
T_C	0,518 s
T_D	2,926 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10 \cdot (S + 5)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; § 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_c / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_c \cdot T_c \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_a \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_a} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_a$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_a \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_a \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	S_e [g]
	0,000	0,362
$T_B \leftarrow$	0,173	0,351
$T_C \leftarrow$	0,518	0,351
	0,632	0,287
	0,747	0,243
	0,862	0,211
	0,976	0,186
	1,091	0,166
	1,206	0,150
	1,320	0,137
	1,435	0,126
	1,550	0,117
	1,664	0,109
	1,779	0,102
	1,894	0,096
	2,008	0,090
	2,123	0,085
	2,238	0,081
	2,352	0,077
	2,467	0,074
	2,582	0,070
	2,697	0,067
	2,811	0,066
$T_D \leftarrow$	2,926	0,066
	2,977	0,066
	3,028	0,066
	3,079	0,066
	3,131	0,066
	3,182	0,066
	3,233	0,066
	3,284	0,066
	3,335	0,066
	3,386	0,066
	3,437	0,066
	3,489	0,066
	3,540	0,066
	3,591	0,066
	3,642	0,066
	3,693	0,066
	3,744	0,066
	3,795	0,066
	3,847	0,066
	3,898	0,066
	3,949	0,066
	4,000	0,066

Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite SLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_{gv}	0,258 g
S_S	1,000
S_T	1,000
q	1,500
T_B	0,050 s
T_C	0,150 s
T_D	1,000 s

Parametri dipendenti

F_v	1,807
S	1,000
η	0,667

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{g} \right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,258
T_B	0,050	0,399
T_C	0,150	0,399
	0,235	0,255
	0,320	0,187
	0,405	0,148
	0,490	0,122
	0,575	0,104
	0,660	0,091
	0,745	0,080
	0,830	0,072
	0,915	0,065
T_D	1,000	0,060
	1,094	0,050
	1,188	0,042
	1,281	0,036
	1,375	0,032
	1,469	0,028
	1,563	0,025
	1,656	0,022
	1,750	0,020
	1,844	0,018
	1,938	0,016
	2,031	0,015
	2,125	0,013
	2,219	0,012
	2,313	0,011
	2,406	0,010
	2,500	0,010
	2,594	0,009
	2,688	0,008
	2,781	0,008
	2,875	0,007
	2,969	0,007
	3,063	0,006
	3,156	0,006
	3,250	0,006
	3,344	0,005
	3,438	0,005
	3,531	0,005
	3,625	0,005
	3,719	0,004
	3,813	0,004
	3,906	0,004
	4,000	0,004

Per il calcolo dell'accelerazione massima attesa al sito si fa riferimento alla seguente formula (NTC cap. 7.11.3) riferita allo Stato Limite SLV

$$a_{gmax} = S_s * S_t * a_g$$

$$S_s = 1,092$$

$$S_t = 1,000$$

$$a_g = 0,331$$

$$a_{gmax} = 0,361452$$

a_{gmax} è pertanto pari a 0,361452

L'analisi delle condizioni di stabilità dei pendii in condizioni sismiche può essere eseguita mediante metodi pseudostatici, metodi degli spostamenti e metodi di analisi dinamica.

Nelle analisi, si deve tenere conto dei comportamenti di tipo fragile, che si manifestano nei terreni a grana fina sovraconsolidati e nei terreni a grana grossa addensati con una riduzione della resistenza al taglio al crescere delle deformazioni. Inoltre, si deve tener conto dei possibili incrementi di pressione interstiziale indotti in condizioni sismiche nei terreni saturi. Nei metodi pseudo statici l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, costante nello spazio e nel tempo, proporzionale al peso W del volume di terreno potenzialmente instabile. Tale forza dipende dalle caratteristiche del moto sismico atteso nel volume di terreno potenzialmente instabile e dalla capacità di tale volume di subire spostamenti senza significative riduzioni di resistenza. Nelle verifiche allo stato limite ultimo, in mancanza di studi specifici, le componenti orizzontale e verticale di tale forza possono esprimersi come $F_h = k_h \cdot W$ ed $F_v = k_v \cdot W$, con k_h e k_v rispettivamente pari ai coefficienti sismici orizzontale e verticale:

$$k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{max}}{g}$$

$$k_v = \pm 0,5 \cdot k_h.$$

dove

β_s = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

a_{max} = accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g = accelerazione di gravità.

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale, l'accelerazione massima attesa al sito può essere valutata con la relazione

Quindi

$K_h = 0,10316672782874617737003058103976$ (coeff. azione sismica orizzontale)

$K_v = 0,05158336391437308868501529051988$ (coeff. azione sismica verticale)

Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_g(g) \leq 0,1$	0,20	0,20

Il calcolo dello spostamento del terreno

La formula utilizzata è la seguente:

$$d_g = 0,025 \cdot S \cdot T_C \cdot T_D \cdot a_g$$

$$d_g = 0,025 \cdot 1,092 \cdot 0,518 \cdot 2,926 \cdot 0,331 = \mathbf{0,0136960307484 \text{ m}}$$

Il calcolo della velocità del terreno

La formula utilizzata è la seguente:

$$v_g = 0,16 \cdot S \cdot T_C \cdot a_g$$

$$v_g = 0,16 \cdot 1,092 \cdot 0,518 \cdot 0,331 = \mathbf{0,02995714176 \text{ m/s}}$$

Collasso per slittamento

In conformità con i criteri di progetto allo SLU, la stabilità della fondazione deve essere verificata rispetto al collasso per slittamento, oltre a quello per rottura generale. Rispetto al collasso per slittamento la resistenza viene valutata come somma di una componente dovuta all'adesione e una dovuta all'attrito fondazione-terreno; la resistenza laterale derivante dalla spinta passiva del terreno può essere messa in conto secondo una percentuale indicata dal professionista. La formula specifica per il calcolo della resistenza per attrito di calcolo è:

$$F_{RD} = N_{SD} \cdot \tan \phi + c' \cdot A$$

Nella quale N_{SD} è il valore di calcolo della forza verticale, δ è l'angolo di resistenza al taglio alla base della trave rovescia, c' è l'adesione fondazione-terreno e A' è l'area della fondazione efficace intesa in caso di carichi eccentrici, ridotta al centro della quale è applicata la risultante.

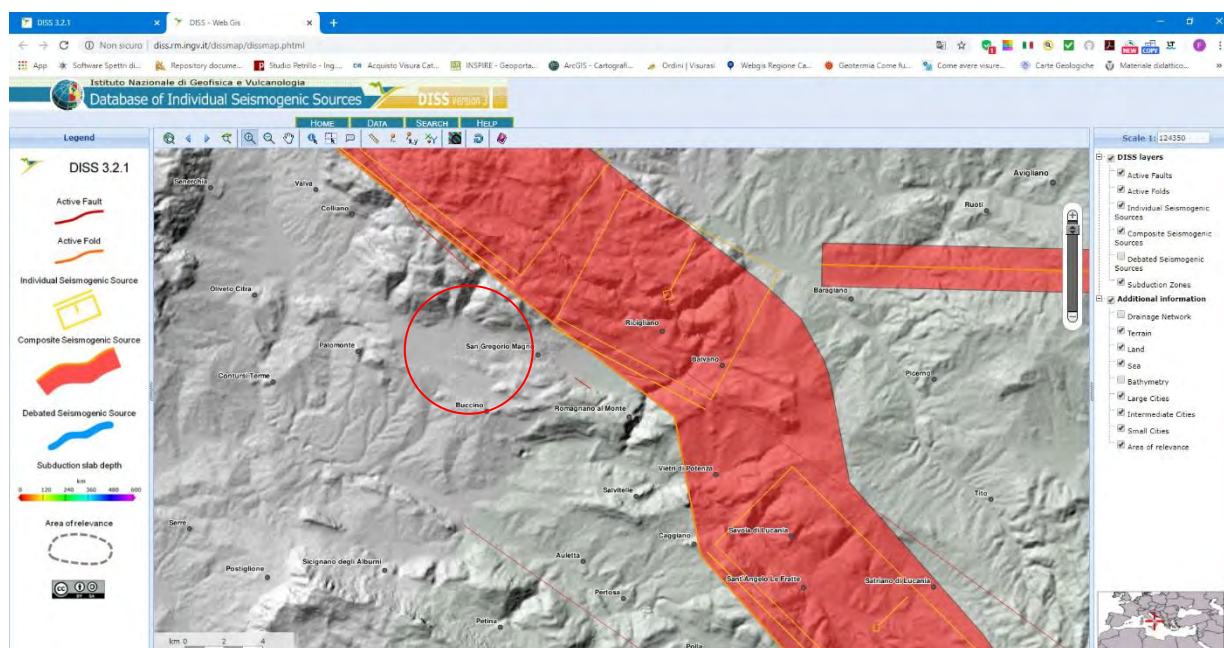
Poiché non è noto con precisione il valore della forza verticale N_{SD} , si rimanda al progettista la verifica di stabilità globale utilizzando l'approccio 1 combinazione 2 ($A2+M2+R2$) e la verifica per scorrimento sul piano di posa utilizzando la combinazione ($A1+M1+R3$) definita nelle nuove NTC 2018.

La resistenza laterale di calcolo derivante dalla spinta del terreno sulla faccia laterale del plinto, può essere tenuta in conto a condizione che vengano presi adeguati provvedimenti in sito, quali la compattazione del terreno di riporto ai lati della trave rovescia, l'infissione di un muro verticale di fondazione nel terreno, o il getto del calcestruzzo armato del plinto direttamente a contatto con una parte di scavo netta e verticale.

Per la **verifica di sicurezza contro il collasso per slittamento su una base orizzontale**, deve essere soddisfatta la disuguaglianza seguente: **$V_{sd} < F_{rd} + E_{pd}$** , nella quale V_{sd} è il valore di calcolo della forza orizzontale.

RISCHIO SISMICO NEL DISS (DATABASE OF INDIVIDUAL SEISMOGENIC SOURCES)-INGV

Il DISS fornisce un'istantanea della presenza di faglie considerate attive allo stato attuale nell'area di interesse. Dalla scheda notiamo immediatamente che la sorgente sismogenetica che passa ad Est dell'area di studio è la Irpinia-Agry-Valley che ha una magnitudo massima di 6,8, pertanto il Rischio Sismico associato alla stessa è da considerarsi come alto o molto alto.



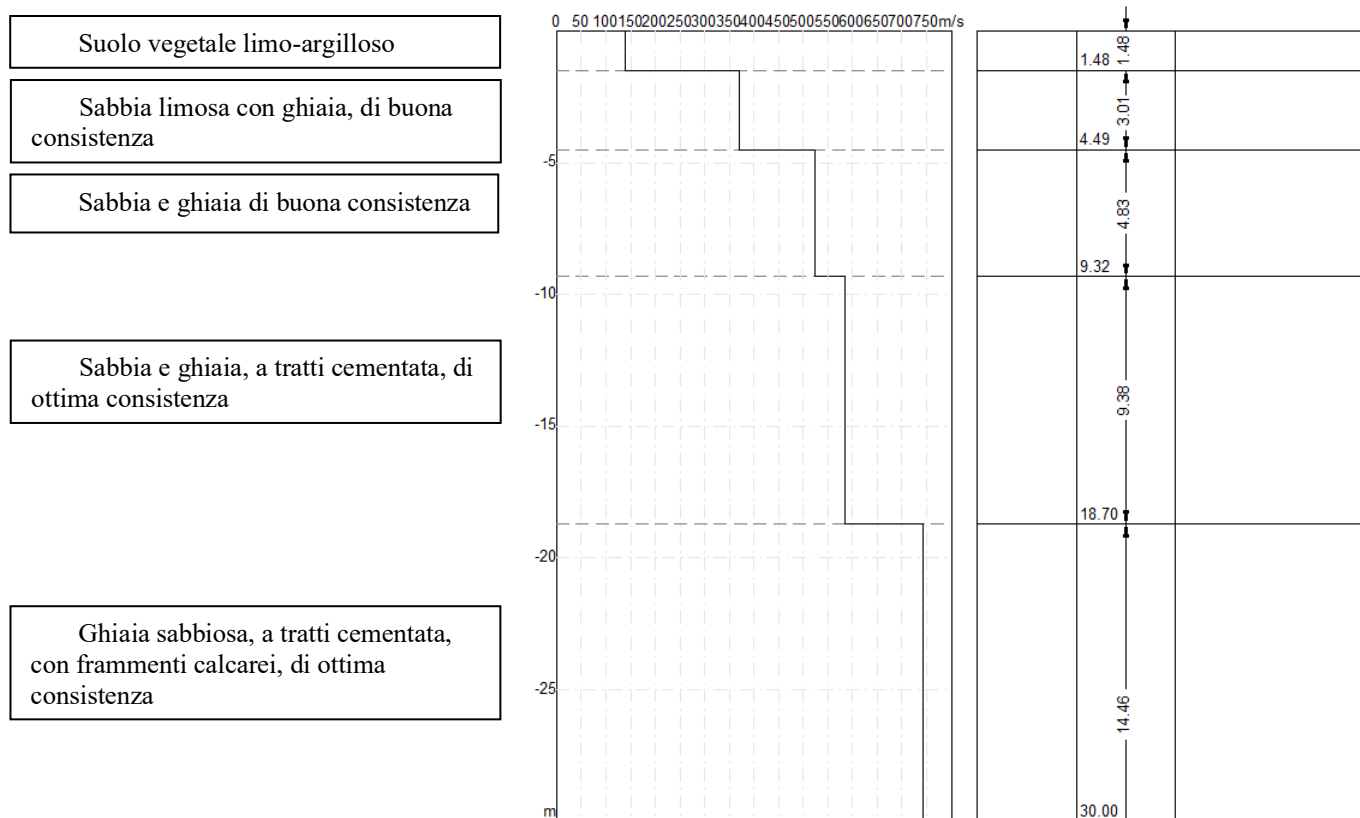
DISS 3.1.1: Seismogenic Source ITCS034 - Irpinia-Agri Valley				
Source Info Summary		Commentary	References	Pictures
General information				
Code	ITCS034			
Name	Irpinia-Agri Valley			
Compiled By	Fracassi, U.			
Latest Update	20/05/2010			
Parametric information				
	Parameter	Qual.	Evidence	
Min Depth (km)	1	LD	Based on geological and seismological data from various authors.	
Max Depth (km)	14	LD	Based on geological and seismological data from various authors.	
Strike (deg)	300 - 320	LD	Based on geological and seismological data from various authors.	
Dip (deg)	50 - 70	LD	Based on geological and seismological data from various authors.	
Rake (deg)	260 - 280	LD	Based on geological and seismological data from various authors.	
Slip Rate (mm/y)	0.1 - 1	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.	
Max Magnitude (Mw)	6.8	OD	Derived from maximum magnitude of associated individual source(s).	
Q-keys: LD = Literature Data; OD = Original Data; ER = Empirical Relationship; AR = Analytical Relationship; EJ = Expert Judgement				
Associated Active Faults or Folds				
#	Type	Name	Reference	
21	Fault	Mandranello-Mandrano	Maschio et al. [2005]	
22	Fault	Campolongo	Maschio et al. [2005]	
23	Fault	Zi Gregorio	Maschio et al. [2005]	
24	Fault	Magorno	Maschio et al. [2005]	
25	Fault	Tramutola	Maschio et al. [2005]	
26	Fault	Mt. Aquila	Maschio et al. [2005]	
71	Fault	Irpinia 1	Pantosti & Valensise [1990]	
72	Fault	Irpinia 2	Pantosti & Valensise [1990]	
73	Fault	Irpinia 3	Pantosti & Valensise [1990]	
74	Fault	Irpinia 4	Pantosti & Valensise [1990]	
75	Fault	Irpinia 5	Pantosti & Valensise [1990]	
76	Fault	Irpinia 6	Pantosti & Valensise [1990]	
77	Fault	Irpinia 7	Pantosti & Valensise [1990]	

NATURA E CARATTERISTICHE DEL SUOLO INVESTIGATO

L'indagine per la valutazione delle strutture tecniche dei terreni, oltre al rilevamento geologico, è stata indirizzata alla valutazione del piano d'appoggio della struttura.

L'area, dall'assetto morfologico sub-pianeggiante, è costituita da terreni ascrivibili all'Unità quaternaria di copertura con variabilità litologica accentuata sia verticale che orizzontale.

Le risultanze della MASW-GRM, le correlazioni con i dati del rilevamento geologico e i dati di precedenti sondaggi nell'area di studio ha permesso le correlazioni stratigrafiche che hanno portato alla redazione della seguente stratigrafia:



CONCLUSIONI

Per incarico ricevuto dal Comune di San Gregorio Magno è stata redatta una **relazione sismica**, per il progetto: “**REALIZZAZIONE IMPIANTO DI DEPURAZIONE DI SAN GREGORIO MAGNO**”, in loc. Filette.-San Gregorio Magno (SA). Con lo scopo di fornire le informazioni necessarie ai fini della caratterizzazione sismica dei terreni, della determinazione delle loro caratteristiche e del loro assetto lito-stratigrafico.

La struttura, facente parte di un progetto più ampio, è ubicata nel Foglio n. 20, in prossimità del Vallone Taverne, nel Comune di San Gregorio Magno (SA) e nel Foglio n.199 (Potenza) della Carta Geologica d'Italia in scala 1: 100.000.

Al fine di determinare le caratteristiche sismiche e geotecniche dei terreni interessati dalla struttura si è proceduti nel seguente modo:

- **Ricerca bibliografica preliminare**
- **Reperimento della cartografia geologica e tematica esistente**
- **Rilevamento geologico speditivo** dell'area di intervento e di una significativa porzione di territorio circostante, quale strumento indispensabile sia per la caratterizzazione litostratigrafica che litotecnica dei terreni superficiali
- **Prospezione geosismica MASW-GRM**

Lo studio è stato, inoltre, eseguito tenendo conto delle prescrizioni contenute nella:

- Legge Regionale 7 febbraio 1983 n° 9, artt. 14 e 15-Norme per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di difesa del territorio dal rischio sismico.
- NTC 2018 del 17 gennaio 2018

Secondo i calcoli è risultato che:

COORDINATE DEL SITO: (WGS84 UTM)

Latitudine 40.66642[°]

Longitudine 15.36394[°]

LITOLOGIA PREVALENTE: **Depositi eluvio-colluviali e fluviali**

ZONA SISMICA: 1

CLASSE D'USO: 4

COEFFICIENTE D'USO: 2

VITA NOMINALE: **≥50 ANNI**

CATEGORIA TOPOGRAFICA: **T1**

PERIODO DI RIFERIMENTO: **≥100 ANNI**

Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)	506.42
Categoria del suolo	B

CATEGORIA DI SOTTOSUOLO: B

La categoria di suolo di fondazione, in base all'indagine sismica a rifrazione e alla MASW, è risultata:

CATEGORIA DI SOTTOSUOLO: B

Per il calcolo dell'accelerazione massima attesa al sito si fa riferimento alla seguente formula (NTC cap. 7.11.3) riferita allo Stato Limite SLV

$$a_{gmax} = S_s * S_t * a_g$$

$$S_s = 1,092$$

$$S_t = 1,000$$

$$a_g = 0,331$$

$$a_{gmax} = 0,361452$$

a_{gmax} è pertanto pari a 0,361452

L'analisi delle condizioni di stabilità dei pendii in condizioni sismiche può essere eseguita mediante metodi pseudostatici, metodi degli spostamenti e metodi di analisi dinamica.

Nelle analisi, si deve tenere conto dei comportamenti di tipo fragile, che si manifestano nei terreni a grana fina sovraconsolidati e nei terreni a grana grossa addensati con una riduzione della resistenza al taglio al crescere delle deformazioni. Inoltre, si deve tener conto dei

possibili incrementi di pressione interstiziale indotti in condizioni sismiche nei terreni saturi. Nei metodi pseudo statici l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, costante nello spazio e nel tempo, proporzionale al peso W del volume di terreno potenzialmente instabile. Tale forza dipende dalle caratteristiche del moto sismico atteso nel volume di terreno potenzialmente instabile e dalla capacità di tale volume di subire spostamenti senza significative riduzioni di resistenza. Nelle verifiche allo stato limite ultimo, in mancanza di studi specifici, le componenti orizzontale e verticale di tale forza possono esprimersi come $F_h = k_h \cdot W$ ed $F_v = k_v \cdot W$, con k_h e k_v rispettivamente pari ai coefficienti sismici orizzontale e verticale:

$$k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{\max}}{g}$$

$$k_v = \pm 0,5 \cdot k_h$$

dove

β_s = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

a_{\max} = accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g = accelerazione di gravità.

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale, l'accelerazione massima attesa al sito può essere valutata con la relazione

Quindi

$K_h = 0,10316672782874617737003058103976$ (coeff. azione sismica orizzontale)

$K_v = 0,05158336391437308868501529051988$ (coeff. azione sismica verticale)

Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_g(g) \leq 0,1$	0,20	0,20

Il calcolo dello spostamento del terreno

La formula utilizzata è la seguente:

$$d_g = 0,025 \cdot S \cdot T_C \cdot T_D \cdot a_g$$

$$d_g = 0,025 \cdot 1,092 \cdot 0,518 \cdot 2,926 \cdot 0,331 = \mathbf{0,0136960307484 \text{ m}}$$

Il calcolo della velocità del terreno

La formula utilizzata è la seguente:

$$v_g = 0,16 \cdot S \cdot TC \cdot a_g$$

$$v_g = 0,16 \cdot 1,092 \cdot 0,518 \cdot 0,331 = \mathbf{0,02995714176 \text{ m/s}}$$

Collasso per slittamento

In conformità con i criteri di progetto allo SLU, la stabilità della fondazione deve essere verificata rispetto al collasso per slittamento, oltre a quello per rottura generale. Rispetto al collasso per slittamento la resistenza viene valutata come somma di una componente dovuta all'adesione e una dovuta all'attrito fondazione-terreno; la resistenza laterale derivante dalla spinta passiva del terreno può essere messa in conto secondo una percentuale indicata dal professionista. La formula specifica per il calcolo della resistenza per attrito di calcolo è:

$$F_{RD} = N_{SD} \cdot \tan \varphi + c' \cdot A$$

Nella quale N_{SD} è il valore di calcolo della forza verticale, δ è l'angolo di resistenza al taglio alla base della trave rovescia, c' è l'adesione fondazione-terreno e A è l'area della fondazione efficace intesa in caso di carichi eccentrici, ridotta al centro della quale è applicata la risultante.

Poiché non è noto con precisione il valore della forza verticale N_{SD} , si rimanda al progettista la verifica di stabilità globale utilizzando l'approccio 1 combinazione 2 ($A2+M2+R2$) e la verifica per scorrimento sul piano di posa utilizzando la combinazione ($A1+M1+R3$) definita nelle nuove NTC 2018.

La resistenza laterale di calcolo derivante dalla spinta del terreno sulla faccia laterale del plinto, può essere tenuta in conto a condizione che vengano presi adeguati provvedimenti in sito, quali la compattazione del terreno di riporto ai lati della trave rovescia, l'infissione di un muro verticale di fondazione nel terreno, o il getto del calcestruzzo armato del plinto direttamente a contatto con una parte di scavo netta e verticale.

Per la **verifica di sicurezza contro il collasso per slittamento su una base orizzontale**, deve essere soddisfatta la disuguaglianza seguente: $V_{sd} < F_{rd} + E_{pd}$, nella quale V_{sd} è il valore di calcolo della forza orizzontale.

Il DISS fornisce un'istantanea delle presenze di faglie considerate attive allo stato attuale nell'area di interesse. La sorgente sismogenetica che passa ad Est dell'area di studio è la Irpinia-Agry-Valley che ha una magnitudo massima di 6,8, pertanto il Rischio Sismico associato alla stessa è da considerarsi come alto o molto alto.


Il presente lavoro è stato redatto ai sensi di:

- Legge Regionale 7 febbraio 1983 n° 9, artt. 14 e 15-Norme per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di difesa del territorio dal rischio sismico.
- NTC 2018 del 17 gennaio 2018


Dopo i dati e le informazioni ricavate dalla pratica locale, si ritiene che l'opera possa essere realizzata.

Atena Lucana, febbraio 2020

Collaboratore
Dott. Geol. Angelo Nicola Giuliano



Il Direttore Tecnico
Dott. Geol. Francesco Di Gruccio



DICHIARAZIONE SOSTITUTIVA DELL'ATTO DI NOTORIETÀ
Riguardante stati, qualità personali o fatti giuridicamente rilevanti
(Art. 47 D.P.R. 28/12/2000 n. 445)

Il sottoscritto **Francesco DI GRUCCIO** nato a Teggiano il 28/01/1947, ed ivi residente alla Via Fosso San Martino, Prato Perillo di Teggiano (SA), iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione Campania col N. 169, in qualità di Direttore Tecnico della Geotest s.r.l. con sede Legale e laboratorio in Atena Lucana (SA) alla Via S.S. 19 delle Calabrie km 61+500;

D I C H I A R A

che la relazione sismica, redatta per conto del Comune di San Gregorio Magno relativa ai lavori di **"REALIZZAZIONE IMPIANTO DI DEPURAZIONE DI SAN GREGORIO MAGNO"**, sito in loc. Filette, San Gregorio Magno (SA), cui si allega la presente, è conforme alle seguenti disposizioni legislative:

- Legge Regionale 7 febbraio 1983 n° 9, artt. 14 e 15-Norme per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di difesa del territorio dal rischio sismico.
- Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni NTC 2018 del 17 gennaio 2018


Il sottoscritto si assume la piena, incondizionata e totale responsabilità di quanto scritto.

Il sottoscritto dichiara di essere a conoscenza delle sanzioni penali cui incorre in caso di dichiarazione mendace contenente dati non rispondenti a verità, come previsto dall'art. 76 del D.P.R. 28/12/2000 n. 445. Il sottoscritto dichiara di essere a conoscenza dell'art. 75 del D.P.R. 28/12/2000, n. 445 relativo alla decadenza dei benefici eventualmente conseguenti al provvedimento emanato qualora l'Amministrazione, a seguito di controllo, riscontri la non veridicità del contenuto della suddetta dichiarazione. Il sottoscritto ai sensi dell'art. 10 della legge 675/96 (tutela della persona e di altri soggetti rispetto al trattamento dei dati personali) accorda il consenso affinché i propri dati possano essere trattati ed essere oggetto di comunicazione a terzi al fine di provvedere agli adempimenti di obblighi di legge.

Il sottoscritto allega fotocopia di documento di identità in corso di validità.

Atena Lucana, 17/02/2020

Il Direttore Tecnico
Dott. Geol. Francesco Di Gruccio





IPZS 12A - OFFICINA C.V. - ROMA



Cognome... DI GRUCCIO
Nome... FRANCESCO
nato il... 28 gennaio 1947
(atto n. 49 P. I S. A - 47)
a... TEGGIANO (SA)
Cittadinanza... Italiana
Residenza... TEGGIANO
Via... VIA FOSSO SAN MARTINO
Stato civile... Coniugato/a
Professione... GEOLOGO

CONNOTATI E CONTRASSEGNI SALIENTI

Statura... 1,72
Capelli... GRIGI
Occhi... CASTANI
Segni particolari... NESSUNO



REPUBBLICA ITALIANA
MINISTERO DELLE FINANZE

CODICE FISCALE DGRFNC47A28D292E

COGNOME DI GRUCCIO
NOME FRANCESCO
LUOGO DI NASCITA TEGGIANO
PROVINCIA SA DATA DI NASCITA 28/01/47

1986

Il Direttore Tecnico
Dott. Geol. Francesco Di Gruccio

Verifica/sezione di stabilità “Filette”

Relazione di calcolo

Definizione

Per pendio s'intende una porzione di versante naturale il cui profilo originario è stato modificato da interventi artificiali rilevanti rispetto alla stabilità. Per frana s'intende una situazione di instabilità che interessa versanti naturali e coinvolgono volumi considerevoli di terreno.

Introduzione all'analisi di stabilità

La risoluzione di un problema di stabilità richiede la presa in conto delle equazioni di campo e dei legami costitutivi. Le prime sono di equilibrio, le seconde descrivono il comportamento del terreno. Tali equazioni risultano particolarmente complesse in quanto i terreni sono dei sistemi multifase, che possono essere ricondotti a sistemi monofase solo in condizioni di terreno secco, o di analisi in condizioni drenate.

Nella maggior parte dei casi ci si trova a dover trattare un materiale che se saturo è per lo meno bifase, ciò rende la trattazione delle equazioni di equilibrio notevolmente complicata. Inoltre è praticamente impossibile definire una legge costitutiva di validità generale, in quanto i terreni presentano un comportamento non-lineare già a piccole deformazioni, sono anisotropi ed inoltre il loro comportamento dipende non solo dallo sforzo deviatorico ma anche da quello normale. A causa delle suddette difficoltà vengono introdotte delle ipotesi semplificative:

1. Si usano leggi costitutive semplificate: modello rigido perfettamente plastico. Si assume che la resistenza del materiale sia espressa unicamente dai parametri coesione (c) e angolo di resistenza al taglio (ϕ), costanti per il terreno e caratteristici dello stato plastico; quindi si suppone valido il criterio di rottura di Mohr-Coulomb.
2. In alcuni casi vengono soddisfatte solo in parte le equazioni di equilibrio.

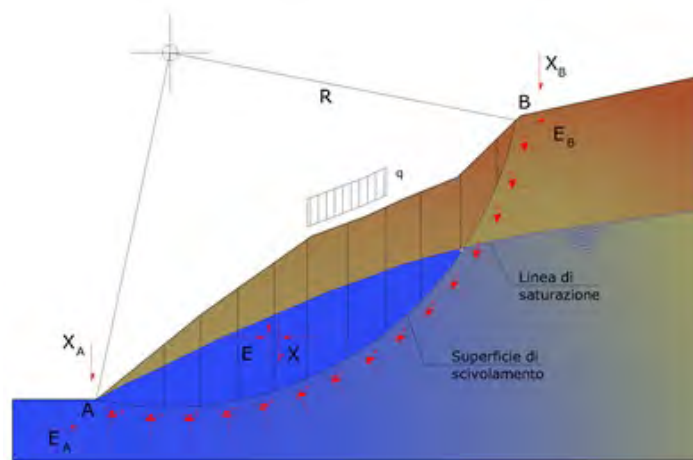
Metodo equilibrio limite (LEM)

Il metodo dell'equilibrio limite consiste nello studiare l'equilibrio di un corpo rigido, costituito dal pendio e da una superficie di scorrimento di forma qualsiasi (linea retta, arco di cerchio, spirale logaritmica); da tale equilibrio vengono calcolate le tensioni da taglio (τ) e confrontate con la resistenza disponibile (τ_f), valutata secondo il criterio di rottura di Coulomb, da tale confronto ne scaturisce la prima indicazione sulla stabilità attraverso il coefficiente di sicurezza:

$$F = \tau_f / \tau$$

Tra i metodi dell'equilibrio limite alcuni considerano l'equilibrio globale del corpo rigido (Culman), altri a causa della non omogeneità dividono il corpo in conci considerando l'equilibrio di ciascuno (Fellenius, Bishop, Janbu ecc.).

Di seguito vengono discussi i metodi dell'equilibrio limite dei conci.



Metodo dei concii

La massa interessata dallo scivolamento viene suddivisa in un numero conveniente di concii. Se il numero dei concii è pari a n , il problema presenta le seguenti incognite:

- n valori delle forze normali N_i agenti sulla base di ciascun concio;
- n valori delle forze di taglio alla base del concio T_i ;
- $(n-1)$ forze normali E_i agenti sull'interfaccia dei concii;
- $(n-1)$ forze tangenziali X_i agenti sull'interfaccia dei concii;
- n valori della coordinata a che individua il punto di applicazione delle E_i ;
- $(n-1)$ valori della coordinata che individua il punto di applicazione delle X_i ;
- una incognita costituita dal fattore di sicurezza F .

Complessivamente le incognite sono $(6n-2)$.

Mentre le equazioni a disposizione sono:

- equazioni di equilibrio dei momenti n ;
- equazioni di equilibrio alla traslazione verticale n ;
- equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale n ;
- equazioni relative al criterio di rottura n .

Totale numero di equazioni $4n$.

Il problema è staticamente indeterminato ed il grado di indeterminazione è pari a :

$$i = (6n - 2) - (4n) = 2n - 2$$

Il grado di indeterminazione si riduce ulteriormente a $(n-2)$ in quanto si fa l'assunzione che N_i sia applicato nel punto medio della striscia. Ciò equivale ad ipotizzare che le tensioni normali totali siano uniformemente distribuite.

I diversi metodi che si basano sulla teoria dell'equilibrio limite si differenziano per il modo in cui vengono eliminate le $(n-2)$ indeterminazioni.

Metodo di Fellenius (1927)

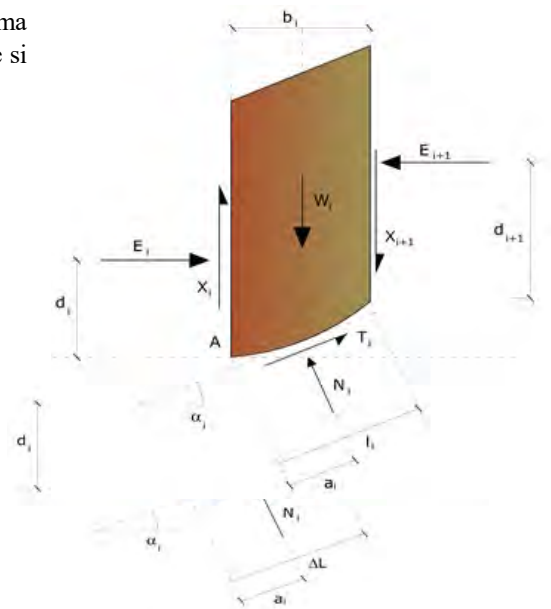
Con questo metodo (valido solo per superfici di scorrimento di forma circolare) vengono trascurate le forze di interstriscia pertanto le incognite si riducono a:

- n valori delle forze normali N_i ;
- n valori delle forze da taglio T_i ;
- 1 fattore di sicurezza.

Incognite $(2n+1)$.

Le equazioni a disposizione sono:

- n equazioni di equilibrio alla traslazione verticale;
- n equazioni relative al criterio di rottura;
- equazione di equilibrio dei momenti globale.



$$F = \frac{\sum \{ c_i \times l_i + (W_i \times \cos \alpha_i - u_i \times l_i) \times \tan \phi_i \}}{\sum W_i \times \sin \alpha_i}$$

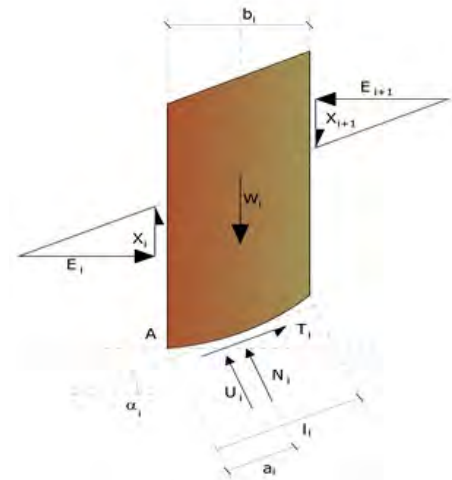
Questa equazione è semplice da risolvere ma si è trovato che fornisce risultati conservativi (fattori di sicurezza bassi) soprattutto per superfici profonde.

Metodo di Bishop (1955)

Con tale metodo non viene trascurato nessun contributo di forze agenti sui blocchi e fu il primo a descrivere i problemi legati ai metodi convenzionali. Le equazioni usate per risolvere il problema sono:

$$\sum F_y = 0, \quad \sum M_0 = 0 \quad \text{Criterio di rottura}$$

$$F = \frac{\sum \{c_i \times b_i + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan \phi_i\} \times \frac{\sec \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \times \tan \phi_i / F}}{\sum W_i \times \sin \alpha_i}$$



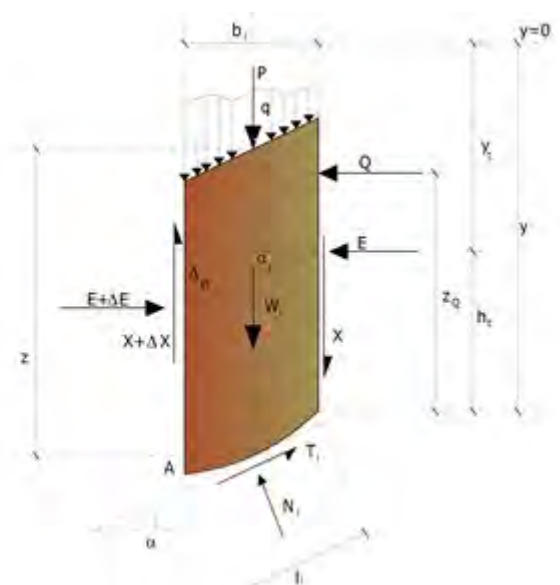
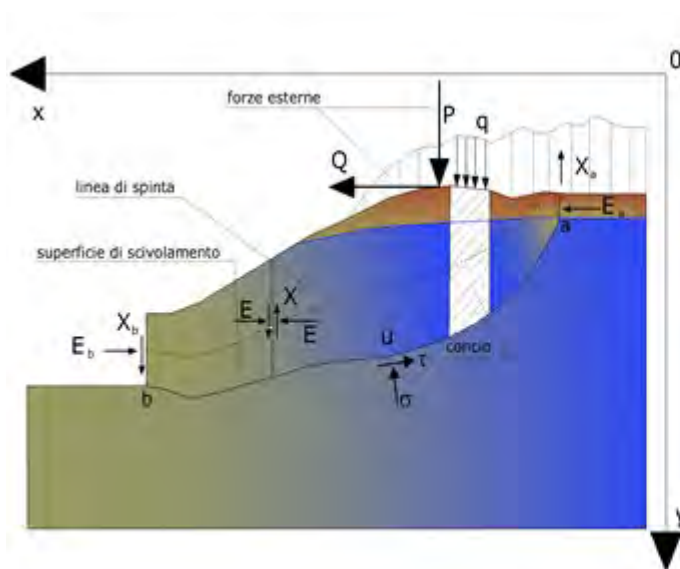
I valori di F e di ΔX per ogni elemento che soddisfano questa equazione danno una soluzione rigorosa al problema. Come prima approssimazione conviene porre $\Delta X = 0$ ed iterare per il calcolo del fattore di sicurezza, tale procedimento è noto come metodo di **Bishop ordinario**, gli errori commessi rispetto al metodo completo sono di circa 1 %.

Metodo di Janbu (1967)

Janbu estese il metodo di Bishop a superfici di scorrimento di forma qualsiasi.

Quando vengono trattate superfici di scorrimento di forma qualsiasi il braccio delle forze cambia (nel caso delle superfici circolari resta costante e pari al raggio). A tal motivo risulta più conveniente valutare l'equazione del momento rispetto allo spigolo di ogni blocco.

$$F = \frac{\sum \{c_i \times b + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan \phi_i\} \times \frac{\sec^2 \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \times \tan \phi_i / F}}{\sum W_i \times \tan \alpha_i}$$

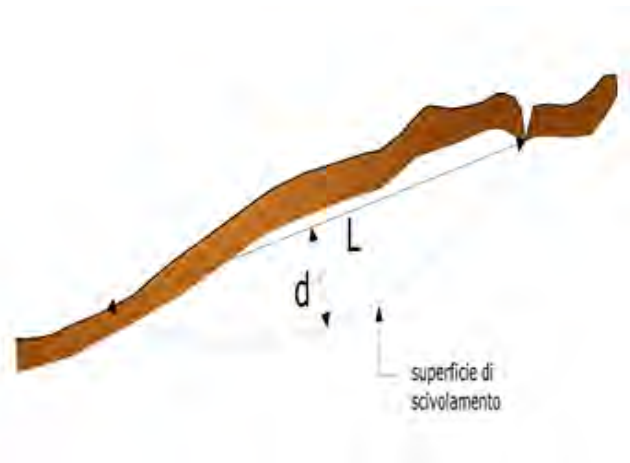
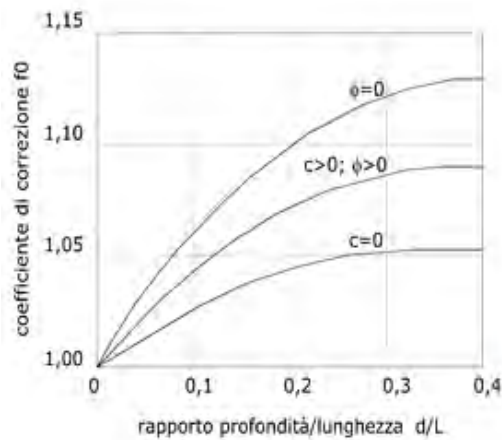


Azioni sul concio i-esimo secondo le ipotesi di Janbu e rappresentazione d'insieme dell'ammasso

Assumendo $\Delta X_i = 0$ si ottiene il metodo ordinario. Janbu propose inoltre un metodo per la correzione del fattore di sicurezza ottenuto con il metodo ordinario secondo la seguente:

$$F_{\text{corretto}} = f_0 \cdot F$$

dove f_0 è riportato in grafici funzione di geometria e parametri geotecnici. Tale correzione è molto attendibile per pendii poco inclinati.



Metodo di Bell (1968)

Le forze agenti sul corpo che scivola includono il peso effettivo del terreno, W , le forze sismiche pseudostatiche orizzontali e verticali $K_X W$ e $K_Z W$, le forze orizzontali e verticali X e Z applicate esternamente al profilo del pendio, infine, la risultante degli sforzi totali normali e di taglio σ e τ agenti sulla superficie potenziale di scivolamento.

Lo sforzo totale normale può includere un eccesso di pressione dei pori u che deve essere specificata con l'introduzione dei parametri di forza efficace.

In pratica questo metodo può essere considerato come un'estensione del metodo del cerchio di attrito per sezioni omogenee precedentemente descritto da Taylor.

In accordo con la legge della resistenza di Mohr-Coulomb in termini di tensione efficace, la forza di taglio agente sulla base dell' i -esimo concio è data da:

$$T_i = \frac{c_i L_i + (N_i - u_{ci} L_i) \tan \Phi_i}{F}$$

in cui:

F = il fattore di sicurezza;

c_i = la coesione efficace (o totale) alla base dell' i -esimo concio;

ϕ_i = l'angolo di attrito efficace (= 0 con la coesione totale) alla base dell' i -esimo concio;

L_i = la lunghezza della base dell' i -esimo concio;

u_{ci} = la pressione dei pori al centro della base dell' i -esimo concio.

L'equilibrio risulta uguagliando a zero la somma delle forze orizzontali, la somma delle forze verticali e la somma dei momenti rispetto all'origine.

Viene adottata la seguente assunzione sulla variazione della tensione normale agente sulla potenziale superficie di scorrimento:

$$\sigma_{ci} = \left[C_1 (1 - K_z) \frac{W_i \cos \alpha_i}{L_i} \right] + C_2 f(x_{ci}, y_{ci}, z_{ci})$$

in cui il primo termine dell'equazione include l'espressione:

$$W_i \cos \alpha_i / L_i = \text{valore dello sforzo normale totale associato con il metodo ordinario dei concii}$$

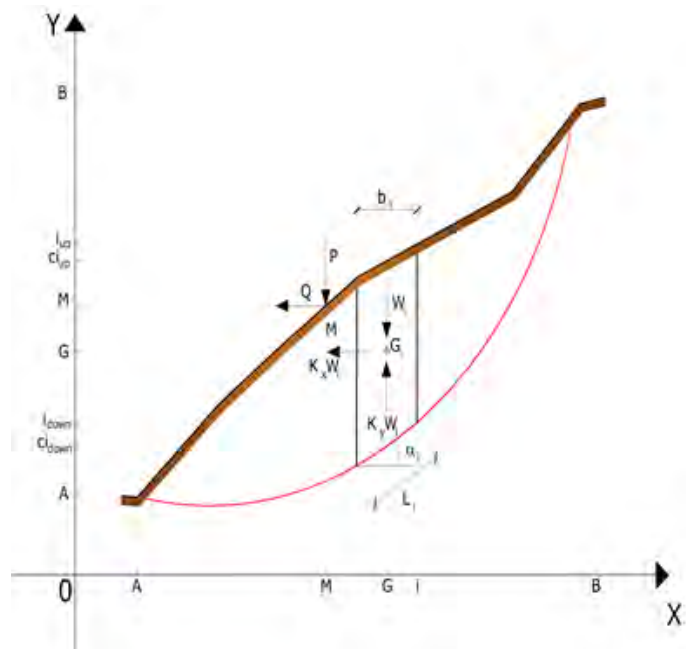
Il secondo termine dell'equazione include la funzione:

$$f = \sin 2\pi \left(\frac{x_n - x_{ci}}{x_n - x_0} \right)$$

dove x_0 ed x_n sono rispettivamente le ascisse del primo e dell'ultimo punto della superficie di scorrimento, mentre x_{ci} rappresenta l'ascissa del punto medio della base del concio i -esimo.

Una parte sensibile di riduzione del peso associata con una accelerazione verticale del terreno $K_z g$ può essere trasmessa direttamente alla base e ciò è incluso nel fattore $(1 - K_z)$.

Lo sforzo normale totale alla base di un concio è dato da:



$$N_i = \sigma_{ci} L_i$$

La soluzione delle equazioni di equilibrio si ricava risolvendo un sistema lineare di tre equazioni ottenute moltiplicando le equazioni di equilibrio per il fattore di sicurezza F , sostituendo l'espressione di N_i e moltiplicando ciascun termine della coesione per un coefficiente arbitrario C_3 . Qualsiasi coppia di valori del fattore di sicurezza nell'intorno di una stima fisicamente ragionevole può essere usata per iniziare una soluzione iterativa.

Il numero necessario di iterazioni dipende sia dalla stima iniziale sia dalla desiderata precisione della soluzione; normalmente, il processo converge rapidamente.

Metodo di Sarma (1973)

Il metodo di Sarma è un semplice, ma accurato metodo per l'analisi di stabilità dei pendii, che permette di determinare l'accelerazione sismica orizzontale richiesta affinché l'ammasso di terreno, delimitato dalla superficie di scivolamento e dal profilo topografico, raggiunga lo stato di equilibrio limite (accelerazione critica K_C) e, nello stesso tempo, consente di ricavare l'usuale fattore di sicurezza ottenuto come per gli altri metodi più comuni della geotecnica.

Si tratta di un metodo basato sul principio dell'equilibrio limite e delle strisce, pertanto viene considerato l'equilibrio di una potenziale massa di terreno in scivolamento suddivisa in n strisce verticali di spessore sufficientemente piccolo da ritenere ammissibile l'assunzione che lo sforzo normale N_i agisce nel punto medio della base della striscia.

Le equazioni da prendere in considerazione sono:

- L'equazione di equilibrio alla traslazione orizzontale del singolo concio;
- L'equazione di equilibrio alla traslazione verticale del singolo concio;
- L'equazione di equilibrio dei momenti.

Condizioni di equilibrio alla traslazione orizzontale e verticale:

$$N_i \cos \alpha_i + T_i \sin \alpha_i = W_i - \Delta X_i$$

$$T_i \cos \alpha_i - N_i \sin \alpha_i = K W_i + \Delta E_i$$

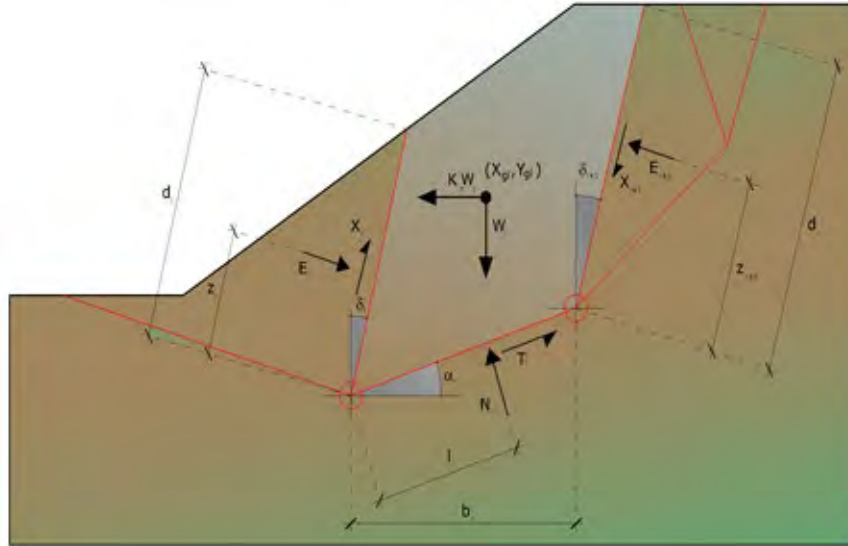
Viene, inoltre, assunto che in assenza di forze esterne sulla superficie libera dell'ammasso si ha:

$$\sum \Delta E_i = 0$$

$$\sum \Delta X_i = 0$$

dove E_i e X_i rappresentano, rispettivamente, le forze orizzontale e verticale sulla faccia i -esima del concio generico i .

L'equazione di equilibrio dei momenti viene scritta scegliendo come punto di riferimento il baricentro dell'intero ammasso; sicché, dopo aver eseguito una serie di posizioni e trasformazioni trigonometriche ed algebriche, nel **metodo di Sarma** la soluzione del problema passa attraverso la risoluzione di due equazioni:



Azioni sull'iesimo concio, metodo di Sarma

$$\sum \Delta X_i \cdot \operatorname{tg}(\psi'_i - \alpha_i) + \sum \Delta E_i = \sum \Delta_i - K \cdot \sum W_i$$

$$\sum \Delta X_i \cdot [(y_{mi} - y_G) \cdot \operatorname{tg}(\psi'_i - \alpha'_i) + (x'_i - x_G)] = \sum W_i \cdot (x_{mi} - x_G) + \sum \Delta_i \cdot (y_{mi} - y_G)$$

Ma l'approccio risolutivo, in questo caso, è completamente capovolto: il problema infatti impone di trovare un valore di **K** (accelerazione sismica) corrispondente ad un determinato fattore di sicurezza; ed in particolare, trovare il valore dell'accelerazione **K** corrispondente al fattore di sicurezza **F = 1**, ossia l'accelerazione critica.

Si ha pertanto:

$$K=K_c \quad \text{Accelerazione critica se } F=1$$

$$F=F_s \quad \text{Fattore di sicurezza in condizioni statiche se } K=0$$

La seconda parte del problema del Metodo di Sarma è quella di trovare una distribuzione di forze interne X_i ed E_i tale da verificare l'equilibrio del concio e quello globale dell'intero ammasso, senza violazione del criterio di rottura.

E' stato trovato che una soluzione accettabile del problema si può ottenere assumendo la seguente distribuzione per le forze X_i :

$$\Delta X_i = \lambda \cdot \Delta Q_i = \lambda \cdot (Q_{i+1} - Q_i)$$

dove Q_i è una funzione nota, in cui vengono presi in considerazione i parametri geotecnici medi sulla i -esima faccia del concio i , e λ rappresenta un'incognita.

La soluzione completa del problema si ottiene pertanto, dopo alcune iterazioni, con i valori di K_c , λ e F , che permettono di ottenere anche la distribuzione delle forze di interstriscia.

Metodo di Spencer (1967)

Il metodo è basato sull'assunzione:

1. le forze d'interfaccia lungo le superfici di divisione dei singoli concii sono orientate parallelamente fra loro ed inclinate rispetto all'orizzontale di un angolo θ ;
2. tutti i momenti sono nulli $M_i = 0$ con $i=1 \dots n$.

Sostanzialmente il metodo soddisfa tutte le equazioni della statica ed equivale al metodo di Morgenstern e Price quando la funzione $f(x) = 1$. Imponendo l'equilibrio dei momenti rispetto al centro dell'arco descritto dalla superficie di scivolamento si ha:

$$1) \quad \sum Q_i R \cos(\alpha - \theta) = 0$$

dove:

$$Q_i = \frac{\frac{c}{F_s} (W \cos \alpha - \gamma_w h \sec \alpha) \frac{\tan \alpha}{F_s} - W \sin \alpha}{\cos(\alpha - \theta) \left[\frac{F_s + \tan \alpha \tan(\alpha - \theta)}{F_s} \right]}$$

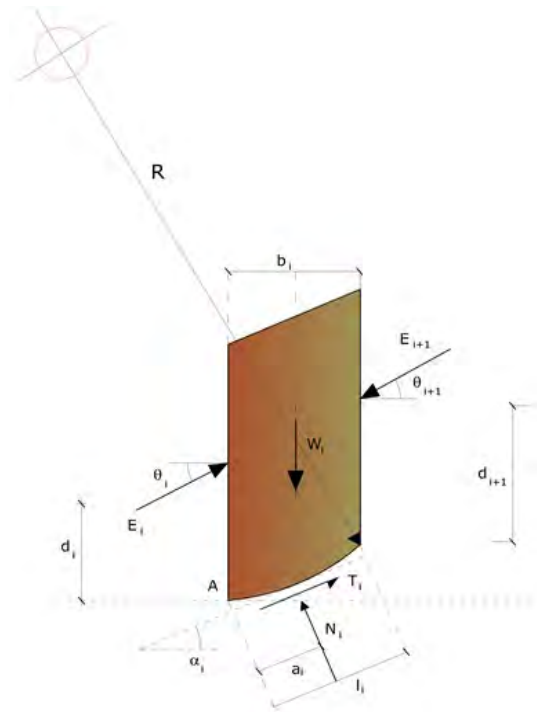
forza d'interazione fra i concii;

R = raggio dell'arco di cerchio;

θ = angolo d'inclinazione della forza Q_i rispetto all'orizzontale.

Imponendo l'equilibrio delle forze orizzontali e verticali si ha rispettivamente:

$$\sum (Q_i \cos \theta) = 0$$



$$\sum (Q_i \sin \theta) = 0$$

Con l'assunzione delle forze Q_i parallele fra loro, si può anche scrivere:

$$2) \quad \sum Q_i = 0$$

Il metodo propone di calcolare due coefficienti di sicurezza: il primo (F_{sm}) ottenibile dalla 1), legato all'equilibrio dei momenti; il secondo (F_{sf}) dalla 2) legato all'equilibrio delle forze. In pratica si procede risolvendo la 1) e la 2) per un dato intervallo di valori dell'angolo θ , considerando come valore unico del coefficiente di sicurezza quello per cui si abbia:

$$F_{sm} = F_{sf}$$

Metodo di Morgenstern e Price (1965)

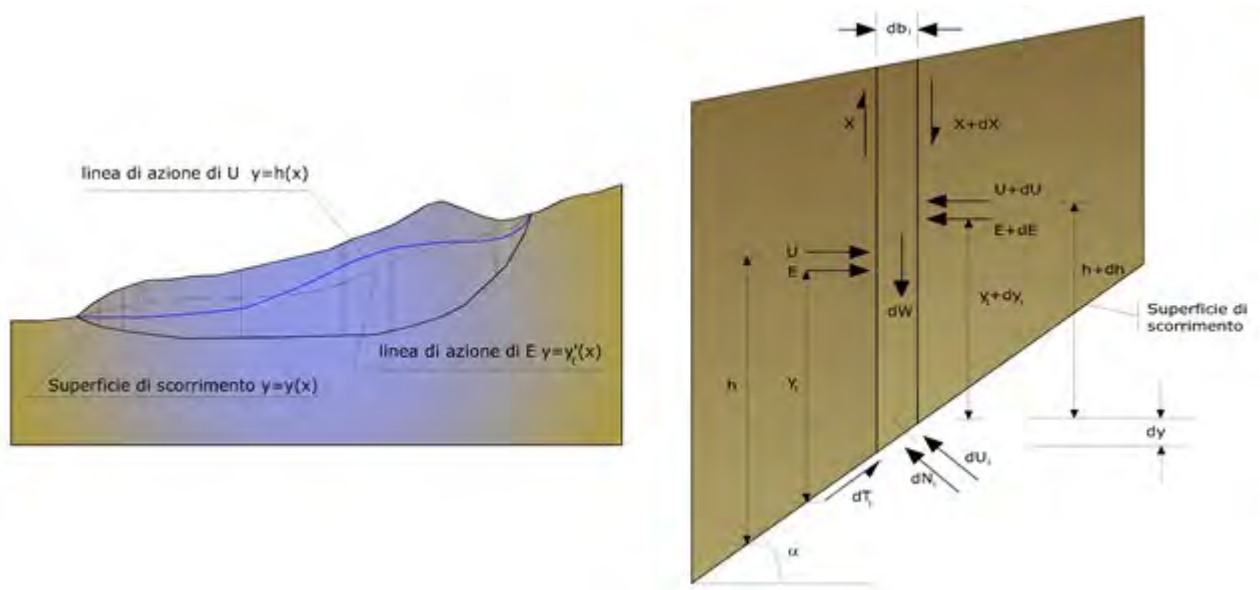
Si stabilisce una relazione tra le componenti delle forze di interfaccia del tipo $X = \lambda f(x)E$, dove λ è un fattore di scala e $f(x)$, funzione della posizione di E e di X , definisce una relazione tra la variazione della forza X e della forza E all'interno della massa scivolante. La funzione $f(x)$ è scelta arbitrariamente (costante, senoide, semisenoide, trapezia, spezzata...) e influenza poco il risultato, ma va verificato che i valori ricavati per le incognite siano fisicamente accettabili.

La particolarità del metodo è che la massa viene suddivisa in strisce infinitesime alle quali vengono imposte le equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale e verticale e di rottura sulla base delle strisce stesse. Si perviene ad una prima equazione differenziale che lega le forze d'interfaccia incognite E , X , il coefficiente di sicurezza F_s , il peso della striscia infinitesima dW e la risultante delle pressioni neutra alla base dU .

Si ottiene la cosiddetta “equazione delle forze”:

$$c' \sec^2 \frac{\alpha}{F_s} + \operatorname{tg} \varphi' \left(\frac{dW}{dx} - \frac{dX}{dx} - \operatorname{tg} \alpha \frac{dE}{dx} - \sec \alpha \frac{dU}{dx} \right) =$$

$$= \frac{dE}{dx} - \operatorname{tg} \alpha \left(\frac{dX}{dx} - \frac{dW}{dx} \right)$$



Azioni sul concio i -esimo secondo le ipotesi di Morgenster e Price e rappresentazione d'insieme dell'ammasso

Una seconda equazione, detta “**equazione dei momenti**”, viene scritta imponendo la condizione di equilibrio alla rotazione rispetto alla mezzeria della base:

$$X = \frac{d(E_\gamma)}{dx} - \gamma \frac{dE}{dx}$$

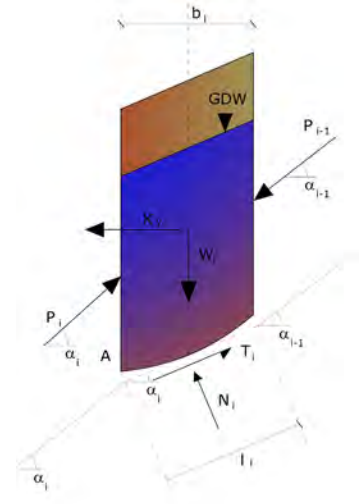
queste due equazioni vengono estese per integrazione a tutta la massa interessata dallo scivolamento.

Il metodo di calcolo soddisfa tutte le equazioni di equilibrio ed è applicabile a superfici di qualsiasi forma, ma implica necessariamente l'uso di un calcolatore.

Metodo di Zeng e Liang (2002)

Zeng e Liang hanno effettuato una serie di analisi parametriche su un modello bidimensionale sviluppato con codice agli elementi finiti, che riproduce il caso di pali immersi in un terreno in movimento (drilled shafts). Il modello bidimensionale riproduce un striscia di terreno di spessore unitario e ipotizza che il fenomeno avvenga in condizioni di deformazione piana nella direzione parallela all'asse dei pali. Il modello è stato utilizzato per indagare l'influenza sulla formazione dell'effetto arco di alcuni parametri come l'interasse fra i pali, il diametro e la forma dei pali, e le proprietà meccaniche del terreno. Gli autori individuano nel rapporto tra l'interasse e il diametro dei i pali (s/d) il parametro adimensionale determinante per la formazione dell'effetto arco. Il problema risulta essere staticamente indeterminato, con grado di indeterminatezza pari a $(8n-4)$, ma nonostante ciò è possibile ottenere una soluzione riducendo il numero delle incognite e assumendo quindi delle ipotesi semplificative, in modo da rendere determinato il problema.

Le assunzioni che rendono il problema determinato sono:



- K_y sono assunte orizzontali per ridurre il numero totale delle incognite da $(n-1)$ a $(7n-3)$;
- Le forze normali alla base della striscia agiscono nel punto medio, riducendo le incognite da n a $(6n-3)$;
- La posizione delle spinte laterali è ad un terzo dell'altezza media dell'inter-striscia e riduce le incognite da $(n-1)$ a $(5n-2)$;
- Le forze (P_{i-1}) e P_i si assumono parallele all'inclinazione della base della striscia (α_i), riducendo il numero di incognite da $(n-1)$ a $(4n-1)$;
- Si assume un'unica costante di snervamento per tutte le strisce, riducendo le incognite da (n) a $(3n-1)$;

Il numero totale di incognite quindi è ridotto a $(3n)$, da calcolare utilizzando il fattore di trasferimento di carico. Inoltre si deve tener presente che la forza di stabilizzazione trasmessa sul terreno a valle dei pali risulta ridotta di una quantità R , chiamato fattore di riduzione, calcolabile come:

$$R = \frac{1}{s/d} + \left(1 - \frac{1}{s/d}\right) \cdot R_p$$

Il fattore R dipende quindi dal rapporto fra l'interasse presente fra i pali e il diametro dei pali stessi e dal fattore R_p che tiene conto dell'effetto arco.

Valutazione dell'azione sismica

La stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica viene verificata con il metodo pseudo-statico. Per i terreni che sotto l'azione di un carico ciclico possono sviluppare pressioni interstiziali elevate viene considerato un aumento in percento delle pressioni neutre che tiene conto di questo fattore di perdita di resistenza.

Ai fini della valutazione dell'azione sismica vengono considerate le seguenti forze:

$$F_H = K_x W$$

$$F_V = K_y W$$

Essendo:

- **F_H** e **F_V** rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio;
- **W** peso concio;
- **K_x** coefficiente sismico orizzontale;
- **K_y** coefficiente sismico verticale.

Ricerca della superficie di scorrimento critica

In presenza di mezzi omogenei non si hanno a disposizione metodi per individuare la superficie di scorrimento critica ed occorre esaminarne un numero elevato di potenziali superfici.

Nel caso vengano ipotizzate superfici di forma circolare, la ricerca diventa più semplice, in quanto dopo aver posizionato una maglia dei centri costituita da m righe e n colonne saranno esaminate tutte le superfici aventi per centro il generico nodo della maglia m×n e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili.

Stabilizzazione di pendii con l'utilizzo di pali

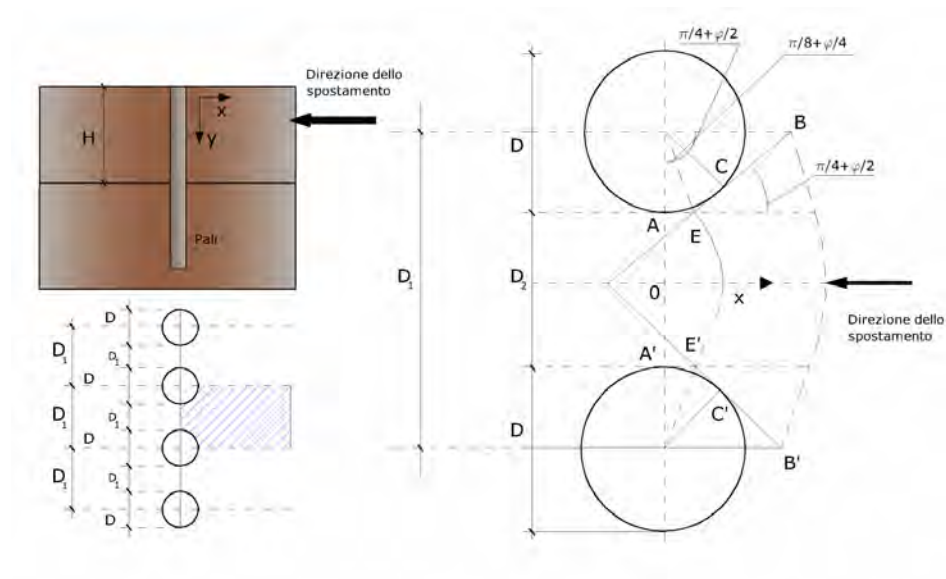
La realizzazione di una cortina di pali, su pendio, serve a fare aumentare la resistenza al taglio su determinate superfici di scorrimento. L'intervento può essere conseguente ad una stabilità già accertata, per la quale si conosce la superficie di scorrimento oppure, agendo preventivamente, viene progettato in relazione alle ipotetiche superfici di rottura che responsabilmente possono essere assunte come quelle più probabili. In ogni caso si opera considerando una massa di terreno in movimento su un ammasso stabile sul quale attestare, per una certa lunghezza, l'allineamento di pali.

Il terreno, nelle due zone, ha una influenza diversa sull'elemento monoassiale (palo): di tipo sollecitativi nella parte superiore (palo passivo – terreno attivo) e di tipo resistivo nella zona sottostante (palo attivo – terreno passivo). Da questa interferenza, fra "sbarramento" e massa in movimento, scaturiscono le azioni stabilizzanti che devono perseguire le seguenti finalità:

1. conferire al pendio un coefficiente di sicurezza maggiore di quello posseduto;
2. essere assorbite dal manufatto garantendone l'integrità (le tensioni interne, derivanti dalle sollecitazioni massime trasmesse sulle varie sezioni del singolo palo, devono risultare inferiori a quelle ammissibili del materiale) e risultare inferiori al carico limite sopportabile dal terreno, calcolato, lateralmente considerando l'interazione (palo–terreno).

Carico limite relativo all'interazione fra i pali ed il terreno laterale

Nei vari tipi di terreno che non hanno un comportamento omogeneo, le deformazioni in corrispondenza della zona di contatto non sono legate fra di loro. Quindi, non potendo associare al materiale un modello di comportamento perfettamente elastico (ipotesi che potrebbe essere assunta per i materiali lapidei poco fratturati), generalmente si procede imponendo che il movimento di massa sia nello stato iniziale e che il terreno in adiacenza ai pali sia nella fase massima consentita di plasticizzazione, oltre la quale si potrebbe verificare l'effetto indesiderato che il materiale possa defluire, attraverso la cortina di pali, nello spazio intercorrente fra un elemento e l'altro.



Imponendo inoltre che il carico assorbito dal terreno sia uguale a quello associato alla condizione limite ipotizzata e che fra due pali consecutivi, a seguito della spinta attiva, si instauri una sorta di effetto arco, gli autori T. Ito e T. Matsui (1975) hanno ricavato la relazione che permette di determinare il carico limite. A questa si è pervenuto facendo riferimento allo schema statico, disegnato nella figura precedente e alle ipotesi anzidette, che schematicamente si ribadiscono.

- Sotto l'azione della spinta attiva del terreno si formano due superfici di scorrimento localizzate in corrispondenza delle linee AEB ed A'E'B';
- Le direzioni EB ed E'B' formano con l'asse x rispettivamente angoli $+(45 + \varphi/2)$ e $-(45 + \varphi/2)$;
- Il volume di terreno, compreso nella zona delimitata dai vertici AEBB'E'A' ha un comportamento plastico, e quindi è consentita l'applicazione del criterio di rottura di Mohr-coulomb;
- La pressione attiva del terreno agisce sul piano A-A';
- I pali sono dotati di elevata rigidezza a flessione e taglio.

Detta espressione, riferita alla generica profondità Z, relativamente ad un spessore di terreno unitario, è la seguente:

$$P(Z) = C \cdot D_1 (D_1/D_2)^{k_1} \left[\frac{1}{(N_\phi \tan \phi)} \left(e^{k_2} - 2(N_\phi)^{1/2} \tan \phi - 1 \right) + K_3 \right] - C \left[D_1 \cdot K_3 - D_2 / (N_\phi)^{1/2} \right] + \gamma Z / N_\phi \left[D_1 (D_1/D_2)^{k_1} \cdot e^{k_2} - D_2 \right]$$

dove i simboli utilizzati assumono il significato che segue:

C = coesione terreno;

φ = angolo di attrito terreno;

γ = peso specifico terreno;

D_1 = interasse tra i pali;

D_2 = spazio libero fra due pali consecutivi;

$$N_\varphi = \tan^2(\pi/4 + \varphi/2)$$

$$K_1 = (N_\varphi)^{1/2} \tan \varphi + N_\varphi - 1$$

$$K_2 = (D_1 - D_2)/D_2 \cdot N_\varphi \tan(\pi/8 + \varphi/4)$$

$$K_3 = \left[2 \tan \varphi + 2(N_\varphi)^{1/2} + 1/(N_\varphi)^{1/2} \right] / \left[(N_\varphi)^{1/2} \tan \varphi + N_\varphi - 1 \right]$$

La forza totale, relativamente ad uno strato di terreno in movimento di spessore H, è stata ottenuta integrando l'espressione precedente.

In presenza di terreni granulari (condizione drenata), nei quali si può assumere $c = 0$, l'espressione diventa:

$$P = 1/2 \gamma \cdot H^2 / N_\varphi \left[D_1 (D_1/D_2)^{K_1} \cdot e^{K_2} - D_2 \right]$$

Per terreni coesivi (condizioni non drenate), con $\varphi = 0$ e $C \neq 0$, si ha:

$$P(Z) = C \left[D_1 (3 \ln(D_1/D_2) + (D_1 - D_2)/D_2 \tan \pi/8) - 2(D_1 - D_2) \right] + \gamma \cdot Z(D_1 - D_2)$$

$$P = \int_0^H P(Z) dZ$$

$$P = C \cdot H \left[D_1 (3 \ln(D_1/D_2) + (D_1 - D_2)/D_2 \tan \pi/8) - 2(D_1 - D_2) \right] + 1/2 \gamma H^2 (D_1 - D_2)$$

Il dimensionamento della cortina di pali, che come già detto deve conferire al pendio un incremento del coefficiente di sicurezza e garantire l'integrità del meccanismo palo-terreno, è abbastanza problematica. Infatti tenuto conto della complessità dell'espressione del carico P, influenzata da diversi fattori legati sia alle caratteristiche meccaniche del terreno sia alla geometria del manufatto, non è facile con una sola elaborazione pervenire alla soluzione ottimale. Per raggiungere lo scopo è necessario pertanto eseguire diversi tentativi finalizzati:

- A trovare, sul profilo topografico del pendio, la posizione che garantisca, a parità di altre condizioni, una distribuzione dei coefficienti di sicurezza più confortante;
- A determinare la disposizione planimetrica dei pali, caratterizzata dal rapporto fra interasse e distanza fra i pali (D_2/D_1), che consenta di sfruttare al meglio la resistenza del complesso palo-terreno; sperimentalmente è stato riscontrato che, escludendo i casi limiti ($D_2 = 0 \rightarrow P \rightarrow \infty$ e $D_2 = D_1 \rightarrow P \rightarrow$ valore

minimo), i valori più idonei allo scopo sono quelli per i quali tale rapporto risulta compreso fra 0,60 e 0,80;

- A valutare la possibilità di inserire più file di pali ed eventualmente, in caso affermativo, valutare, per le file successive, la posizione che dia più garanzie in termini di sicurezza e di spreco di materiali;
- Ad adottare il tipo di vincolo più idoneo che consente di ottenere una distribuzione più regolare delle sollecitazioni; sperimentalmente è stato constatato che quello che assolve, in maniera più soddisfacente, allo scopo è il vincolo che impedisce le rotazioni alla testa del palo.

Metodo del carico limite di Broms

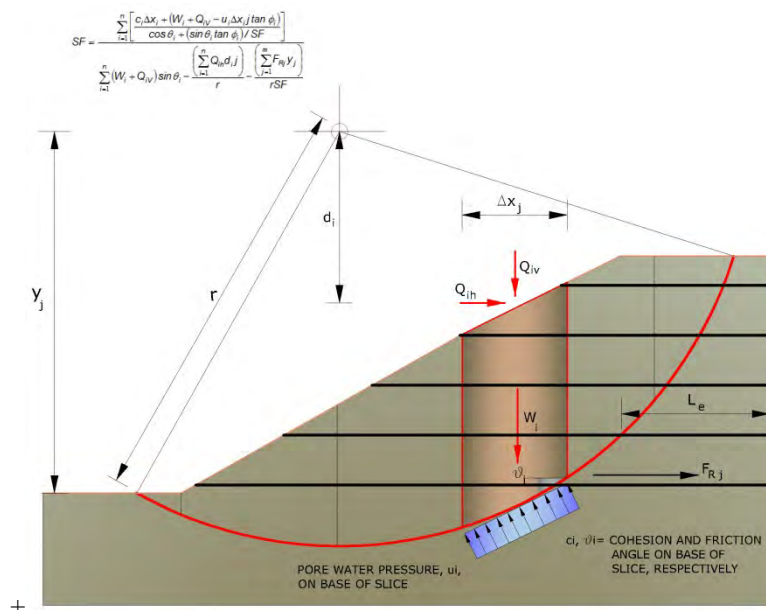
Nel caso in cui il palo sia caricato ortogonalmente all'asse, configurazione di carico presente se un palo inibisce il movimento di una massa in frana, la resistenza può essere affidata al suo carico limite orizzontale.

Il problema di calcolo del carico limite orizzontale è stato affrontato da Broms sia per il mezzo puramente coesivo che per il mezzo incoerente, il metodo di calcolo seguito è basato su alcune ipotesi semplificative per quanto attiene alla reazione esercitata dal terreno per unità di lunghezza di palo in condizioni limite e porta in conto anche la resistenza a rottura del palo (*Momento di plasticizzazione*).

Elemento Rinforzo

I Rinforzi sono degli elementi orizzontali, la loro messa in opera conferisce al terreno un incremento della resistenza allo scorrimento .

Se l'elemento di rinforzo interseca la superficie di scorrimento, la forza resistente sviluppata dall'elemento entra nell'equazione di equilibrio del singolo concio, in caso contrario l'elemento di rinforzo non ne influenza la stabilità.



Le verifiche di natura interna hanno lo scopo di valutare il livello di stabilità dell'ammasso rinforzato, quelle calcolate sono la verifica a rottura dell'elemento di rinforzo per trazione e la verifica a sfilamento (*Pullout*). Il parametro che fornisce la resistenza a trazione del rinforzo, T_{Allow} , si calcola dalla resistenza nominale del materiale con cui è realizzato il rinforzo ridotto da opportuni coefficienti che tengono conto dell'aggressività del terreno, danneggiamento per effetto creep e danneggiamento per installazione.

L' altro parametro è la resistenza a sfilamento (*Pullout*) che viene calcolata attraverso la seguente relazione:

$$T_{\text{Pullout}} = 2 \cdot L_e \cdot \sigma'_v \cdot f_b \cdot \tan(\delta)$$

Per geosintetico a maglie chiuse:

$$f_b = \frac{\tan(\delta)}{\tan(\varphi)}$$

dove:

- δ Rappresenta l'angolo di attrito tra terreno e rinforzo;
- T_{Pullout} Resistenza mobilitata da un rinforzo ancorato per una lunghezza L_e all'interno della parte stabile del terreno;
- L_e Lunghezza di ancoraggio del rinforzo all'interno della parte stabile;
- f_b Coefficiente di *Pullout*;
- σ'_v Tensione verticale, calcolata alla profondità media del tratto di rinforzo ancorato al terreno.

Ai fini della verifica si sceglie il valore minimo tra T_{Allow} e T_{Pullout} , la verifica interna verrà soddisfatta se la forza trasmessa dal rinforzo generata a tergo del tratto rinforzato non supera il valore della T .

Ancoraggi

Gli ancoraggi, tiranti o chiodi, sono degli elementi strutturali in grado di sostenere forze di trazione in virtù di un'adeguata connessione al terreno.

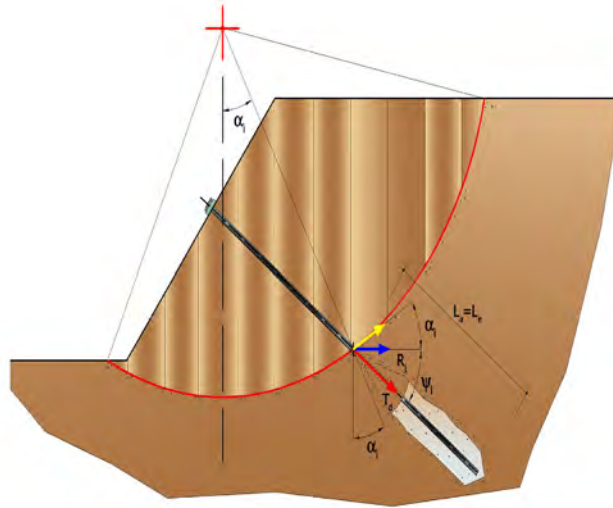
Gli elementi caratterizzanti un tirante sono:

- **testata:** indica l'insieme degli elementi che hanno la funzione di trasmettere alla struttura ancorata la forza di trazione del tirante;
- **fondazione:** indica la parte del tirante che realizza la connessione con il terreno, trasmettendo al terreno stesso la forza di trazione del tirante.

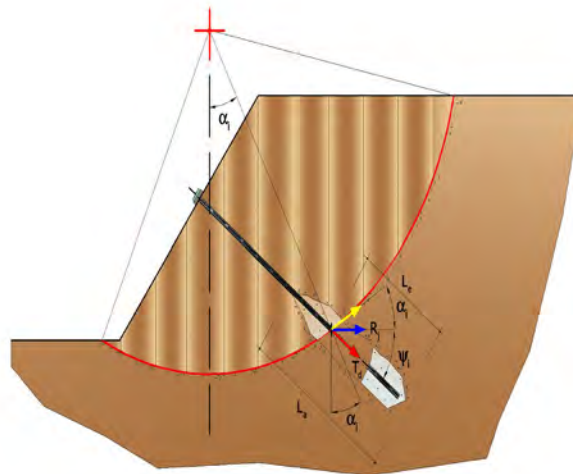
Il tratto compreso tra la testata e la fondazione prende il nome di parte libera, mentre la fondazione (o bulbo) viene

realizzata iniettando nel terreno, per un tratto terminale, tramite valvole a perdere, la malta, in genere cementizia. L'anima dell'ancoraggio è costituita da un'armatura, realizzata con barre, fili o trefoli.

Il tirante interviene nella stabilità in misura maggiore o minore efficacia a seconda se sarà totalmente o parzialmente (caso in cui è intercettato dalla superficie di scorrimento) ancorato alla parte stabile del terreno.



Bulbo completamente ancorato



Bulbo parzialmente ancorato

Le relazioni che esprimono la misura di sicurezza lungo una ipotetica superficie di scorrimento si modificheranno in presenza di ancoraggi (tirante attivo, passivo e chiodi) nel modo seguente:

- per i tiranti di *tipo attivo*, la loro resistenza si detrae dalle azioni (denominatore);

$$F_s = \frac{R_d}{E_d - \sum_{i,j} R_{i,j} \cdot \frac{1}{\cos \alpha_i}}$$

- per tiranti di *tipo passivo e per i chiodi*, il loro contributo si somma alle resistenze (numeratore)

$$F_s = \frac{R_d + \sum_{i,j} R_{i,j} \cdot \frac{1}{\cos \alpha_i}}{E_d}$$

Con R_j si indica la resistenza dell'ancoraggio e viene calcolata dalla seguente espressione:

$$R_j = T_d \cdot \cos \Psi_i \cdot \left(\frac{1}{i} \right) \cdot \left(\frac{L_e}{L_a} \right)$$

dove:

T_d tiro esercizio;

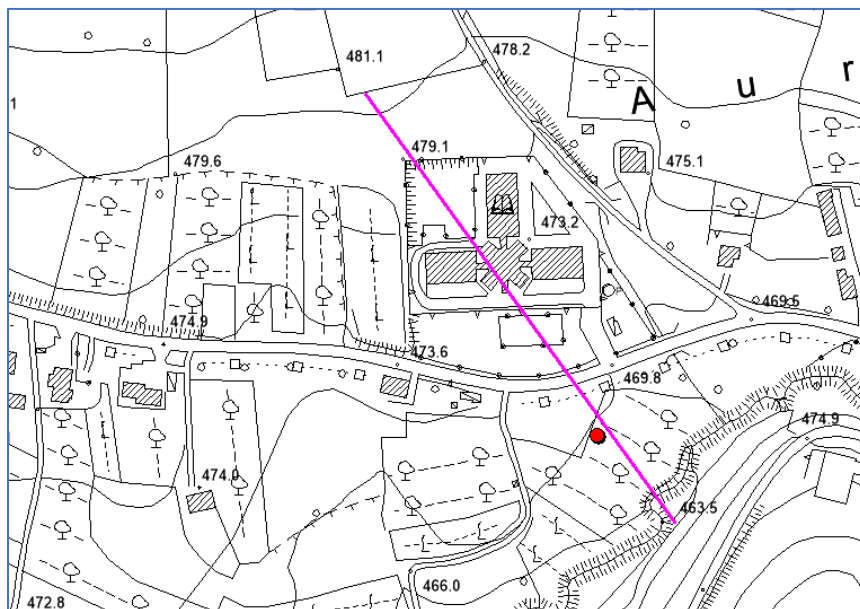
Ψ_i inclinazione del tirante rispetto all'orizzontale;

i interasse;

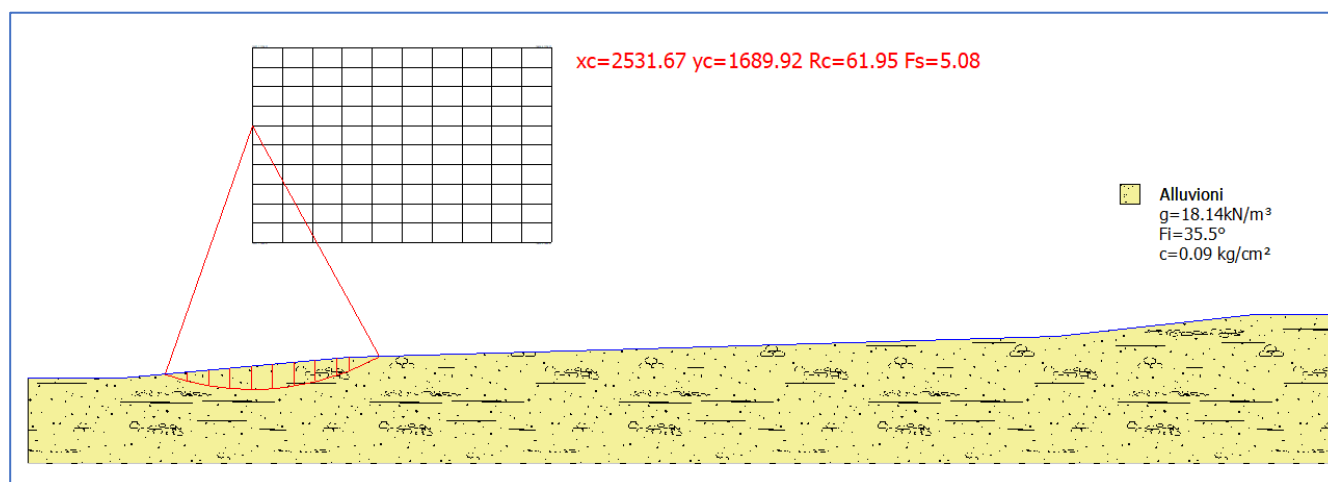
L_e lunghezza efficace;

L_a lunghezza d'ancoraggio.

I due indici (i, j) riportati in sommatoria rappresentano rispettivamente l'i-esimo concio e il j-esimo ancoraggio intercettato dalla superficie di scorrimento dell'i-esimo concio.



Ubicazione profilo per verifica di stabilità pendio



Profilo considerato

Analisi di stabilità dei pendii con: MORGENTERN-PRICE (1965)

Lat./Long.	40.6661224365234/15.3637342453003
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	1.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.1
Coefficiente parziale resistenza	1.0

Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:

Picco

Analisi

Condizione drenata

Superficie di forma circolare

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	2531.67 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	1662.43 m
Ascissa vertice destro superiore xs	2602.23 m
Ordinata vertice destro superiore ys	1708.25 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	50.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.53	2.38	0.28

S.L.D.	50.0	0.71	2.35	0.3
S.L.V.	475.0	2.27	2.3	0.38
S.L.C.	975.0	3.11	2.31	0.4

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.795	0.2	0.0162	0.0081
S.L.D.	1.065	0.2	0.0217	0.0109
S.L.V.	3.1338	0.28	0.0895	0.0447
S.L.C.	3.9199	0.28	0.1119	0.056

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.0895

Coefficiente azione sismica verticale 0.0447

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	2478.67	1630.47
2	2500.69	1630.47
3	2554.53	1635.47
4	2623.31	1637.53
5	2721.32	1640.47
6	2767.94	1645.47
7	2785.83	1645.47

Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili 1.0 1.0

Favorevoli: Permanenti, variabili

1.0 1.0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m ³)	Peso saturo (kN/m ³)	Litologia	
1	0.09		35.5	18.14		Alluvioni	

Risultati analisi pendio [NTC 2018]

Fs minimo individuato	5.08
Ascissa centro superficie	2531.67 m
Ordinata centro superficie	1689.92 m
Raggio superficie	61.95 m

xc = 2531.67 yc = 1689.924 Rc = 61.953 Fs=5.081

Lambda = 0.147

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (N)
1	5.04	-16.83	5.26	96415.8

2	5.04	-11.99	5.15	258085.5
3	5.04	-7.32	5.08	378366.8
4	5.04	-2.66	5.04	461494.9
5	5.04	2.02	5.04	506857.9
6	5.04	6.77	5.07	514455.6
7	5.04	11.42	5.14	483182.4
8	5.04	16.25	5.25	413063.9
9	3.02	20.26	3.22	195272.1
10	7.06	25.29	7.81	218697.8

Sforzi sui conci

Nr.	Xi (N)	Ei (N)	Xi-1 (N)	Ei-1 (N)	N'i (N)	Ti (N)	Ui (N)
1	8173.38	55713.87	0.0	0.0	74955.35	19664.85	0.0
2	21828.81	148796.1	8173.38	55713.87	235852.6	42053.75	0.0
3	35136.05	239505.0	21828.81	148796.1	371611.7	60988.23	0.0
4	44456.02	303034.5	35136.05	239505.0	471259.1	74913.29	0.0
5	47767.91	325610.1	44456.02	303034.5	525072.1	82463.68	0.0
6	44482.21	303213.1	47767.91	325610.1	528907.6	83058.01	0.0
7	35595.59	242637.4	44482.21	303213.1	482931.4	76719.16	0.0
8	23126.16	157639.5	35595.59	242637.4	392141.9	64162.23	0.0
9	16217.24	110544.8	23126.16	157639.5	175500.3	30222.45	0.0
10	5461.88	37230.91	16217.24	110544.8	176621.2	38354.18	0.0

Indice

1.Dati generali	14
2.Vertici profilo	15
3.Coefficienti parziali azioni	16
4.Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno	16
5.Stratigrafia	16
6.Risultati analisi pendio [NTC 2018]	16
Indice	18

ALLEGATI

“SITO PIE’ DELLE VIGNE”

Committente Comune di San Gregorio Magno - loc. Piè delle Vigne		Cantiere Realizzazione impianto di depurazione		Sondaggio S1		Profondità raggiunta 30,00 m	
Società esecutrice Trivellazioni Cupo		Indagine Sondaggio geologico		Tipo Carotaggio meccanico continuo		Tipo Sonda rotazione	

Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	S.P.T. (n° Colp)	Campioni	Diam. Foro	Metodo Perforazione	Falda
1		Riporto antropico associato al suolo vegetale limo-argilloso con presenza di radici e depositi residui argillosi, colore marrone e grigio, con elementi carbonatici.	1.30		<div><div>2.50</div><div>S</div><div>3.00</div></div>			<div><div>4.00</div></div>
2		Deposito costituito prevalentemente da argilla debolmente limosa, di colore marrone scuro, con consistenza medio-bassa.	12.50					
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14		Deposito costituito prevalentemente da argilla limosa e limo argilloso, mediamente consistente, di colore marrone medio scuro-rossiccio.	9.70		<div><div>14.50</div><div>S</div><div>15.00</div></div>			
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24		Deposito costituito prevalentemente da argilla limosa e limo argilloso, con componente carbonatica mediamente consistente, di colore marrone medio scuro-rossiccio.	1.50					
25		Deposito limo argilloso con componente carbonatica mediamente consistente, di colore nocciola.	5.00					
26								
27								
28								
29								
30								

Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato , Rs-Rimaneggiato da SPT Perforazione: CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio, EC-Elica Continua Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa Carotaggio: meccanico continuo	Sonda: rotazione <div>Il geologo</div>
--	---

COMMITTENTE: Comune di San Gregorio Magno (SA) RICHIEDENTE: dott. Geol. Goffredo Angelo RIF. ACCETTAZIONE: TR481 del 30/10/19
RIFERIMENTO: indagini nell'ambito della progettaz. definitiva-esecutiva dell' impianto di depurazione in loc. Piè delle Vigne - San Gregorio Magno (SA)
SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 2,50 - 3,00

MODULO RIASSUNTIVO

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	42,7	%
Peso di volume	16,9	kN/m ³
Peso di volume secco	11,8	kN/m ³
Peso di volume saturo	17,0	kN/m ³
Peso specifico	24,9	kN/m ³
Indice dei vuoti	1,106	
Porosità	52,5	%
Grado di saturazione	98,1	%
Limite di liquidità	45,6	%
Limite di plasticità	30,4	%
Indice di plasticità	15,2	%
Indice di consistenza	0,19	
Passante al set. n° 40	SI	
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00		

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	0,2	%
Sabbia	24,2	%
Limo	62,0	%
Argilla	13,6	%
D 10	0,003876	mm
D 50	0,031059	mm
D 60	0,051026	mm
D 90	0,223513	mm
Passante set. 10	99,0	%
Passante set. 42	94,5	%
Passante set. 200	75,6	%

PERMEABILITA'

Coefficiente k cm/sec

COMPRESSIONE

σ	kPa	σ Rim	kPa
c_u	kPa	c_u Rim	kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta					
c'	26,1	kPa	φ'	23,3	°
c' Res		kPa	φ' Res		°

COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	c_d	kPa	ϕ_d	°
C.U.	c'_{cu}	kPa	ϕ'_{cu}	°
	c_{cu}	kPa	ϕ_{cu}	°
U.U.	c_u	kPa	ϕ_u	°

PROVA EDOMETRICA

σ kPa	E kPa	Cv cm ² /sec	k cm/sec
25,0 ÷ 50,0	11417	---	---
50,0 ÷ 100,0	4803	---	---
100,0 ÷ 200,0	8081	---	---
200,0 ÷ 400,0	7952	---	---
400,0 ÷ 800,0	8203	---	---
800,0 ÷ 1600,0	12106	---	---

Classificazione A.G.I.: limo sabbioso e argilloso.



CERTIFICATO DI PROVA N°: TR481/A	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 14/11/19	Inizio analisi: 04/11/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: TR481 del 30/10/19		Apertura campione: 04/11/19	Fine analisi: 05/11/19
COMMITTENTE: Comune di San Gregorio Magno (SA) RICHIEDENTE: dott. Geol. Goffredo Angelo RIF. ACCETTAZIONE: TR481 del 30/10/19			
RIFERIMENTO: indagini nell'ambito della progettaz. definitiva-esecutiva dell' impianto di depurazione in loc. Piè delle Vigne - San Gregorio Magno (SA)			
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m 2,50 - 3,00	
<u>CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE</u>			
Modalità di prova: Norma ASTM D 2216			

Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale = 42,7 %

Struttura del materiale:

☒ Omogeneo

☐ Stratificato

☐ Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C



Lo Spedimentatore
Ing. Donatella Potenza

Il Direttore del Laboratorio
Ing. Pasquale Capozzoli

LABORATORIO I.P.M. s.r.l.

S.S. 19 delle Calabrie km 61+500 - 84030 Atena Lucana (SA) - Tel/Fax. 0975.374072 - Cell. 380.3125804 - 335.7165650 - 348.6909389
Codice Fiscale, Partita Iva e N° Iscr. Registro Imprese di Salerno: 006 811 107 63 - N° R.E.A. 398607 - Cap. Soc. Inter. Vers. Euro 119.000,00
www.laboratorioipm.it - info@laboratorioipm.it - laboratorioipm@pec.it - S.D.I. M5UXCR1



ISO 9001:2008
BUREAU VERITAS
Certification

N° 167291



CERTIFICATO DI PROVA N°: TR481/B	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 14/11/19	Inizio analisi: 05/11/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: TR481 del 30/10/19		Apertura campione: 04/11/19	Fine analisi: 05/11/19
COMMITTENTE: Comune di San Gregorio Magno (SA) RICHIEDENTE: dott. Geol. Goffredo Angelo RIF. ACCETTAZIONE: TR481 del 30/10/19			
RIFERIMENTO: indagini nell'ambito della progettaz. definitiva-esecutiva dell' impianto di depurazione in loc. Piè delle Vigne - San Gregorio Magno (SA)			
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m 2,50 - 3,00	
<u>PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE</u>			
Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E			

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

Peso di volume allo stato naturale = 16,9 kN/m³



Lo Sperimentatore
Ing. Donatella Potenza

Il Direttore del Laboratorio
Ing. Pasquale Capozzoli

LABORATORIO I.P.M. s.r.l.

S.S. 19 delle Calabrie km 61+500 - 84030 Atena Lucana (SA) - Tel/Fax. 0975.374072 - Cell. 380.3125804 - 335.7165650 - 348.6909389
Codice Fiscale, Partita Iva e N° Iscr. Registro Imprese di Salerno: 006 811 107 63 - N° R.E.A. 398607 - Cap. Soc. Inter. Vers. Euro 119.000,00
www.laboratorioipm.it - info@laboratorioipm.it - laboratorioipm@pec.it - S.D.I. M5UXCR1



CERTIFICATO DI PROVA N°: TR481/C	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 14/11/19	Inizio analisi: 07/11/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: TR481 del 30/10/19		Apertura campione: 04/11/19	Fine analisi: 07/11/19
COMMITTENTE: Comune di San Gregorio Magno (SA) RICHIEDENTE: dott. Geol. Goffredo Angelo RIF. ACCETTAZIONE: TR481 del 30/10/19			
RIFERIMENTO: indagini nell'ambito della progettaz. definitiva-esecutiva dell' impianto di depurazione in loc. Piè delle Vigne - San Gregorio Magno (SA)			
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m 2,50 - 3,00	
<u>PESO SPECIFICO DEI GRANULI</u>			
Modalità di prova: Norma ASTM D 854			

γ_s = Peso specifico dei granuli (media delle due misure) (kN/m³) = 24,9 kN/m³

γ_{sc} = Peso specifico dei granuli corretto a 20° (kN/m³) = 24,9 kN/m³

Metodo: ☐ A ☒ B

Capacità del picnometro: 100 ml

Temperatura di prova: 21,2 °C

Disaerazione eseguita per bollitura



Lo Sperimentatore
Ing. Donatella Potenza

Il Direttore del Laboratorio
Ing. Pasquale Capozzoli

LABORATORIO I.P.M. s.r.l.

S.S. 19 delle Calabrie km 61+500 - 84030 Atena Lucana (SA) - Tel/Fax. 0975.974072 - Cell. 380.3125804 - 335.7165650 - 348.6909389
Codice Fiscale, Partita Iva e N° Iscr. Registro Imprese di Salerno: 006 811 107 63 - N° R.E.A. 398607 - Cap. Soc. Inter. Vers. Euro 119.000,00
www.laboratorioipm.it - info@laboratorioipm.it - laboratorioipm@pec.it - S.D.I. M5UXCR1



CERTIFICATO DI PROVA N°: TR481/D	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 14/11/19	Inizio analisi: 07/11/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: TR481 del 30/10/19		Apertura campione: 04/11/19	Fine analisi: 08/11/19

COMMITTENTE: Comune di San Gregorio Magno (SA)	RICHIEDENTE: dott. Geol. Goffredo Angelo	RIF. ACCETTAZIONE: TR481 del 30/10/19
RIFERIMENTO: indagini nell'ambito della progettaz. definitiva-esecutiva dell' impianto di depurazione in loc. Piè delle Vigne - San Gregorio Magno (SA)		
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m 2,50 - 3,00

LIMITI DI CONSISTENZA LIQUIDO E PLASTICO

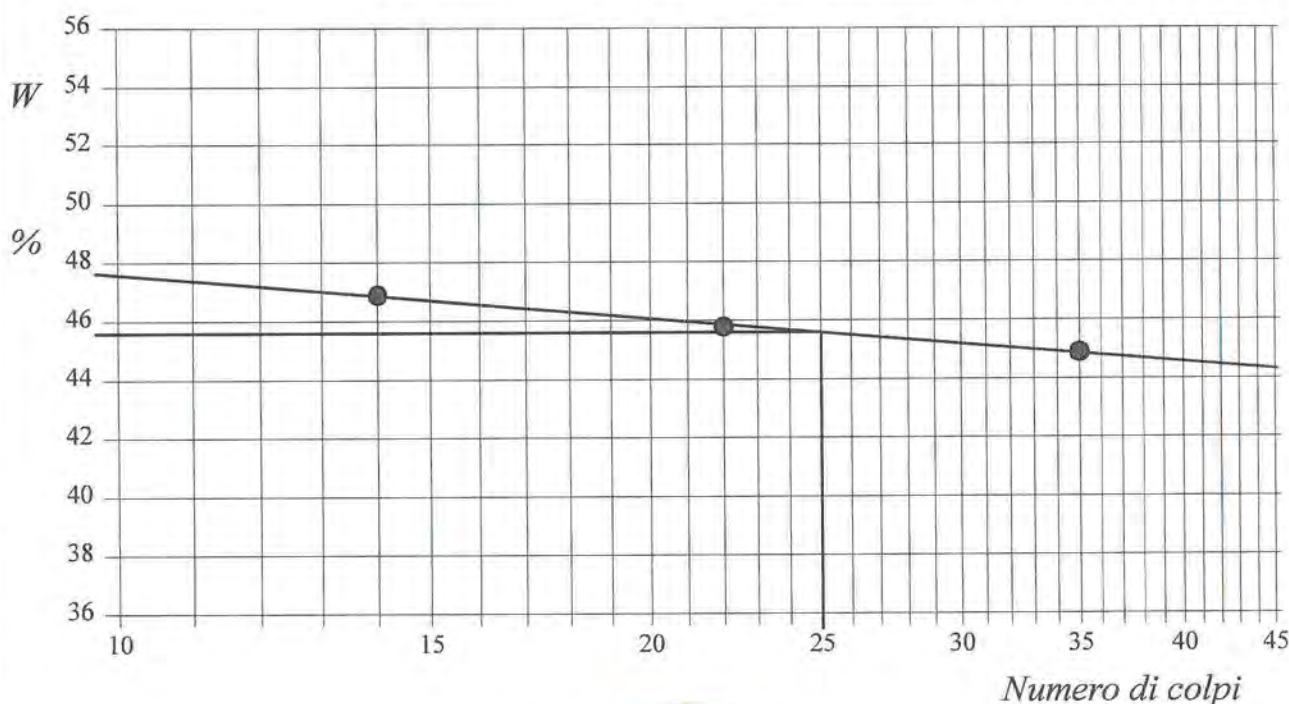
Modalità di prova: Norma ASTM D 4318

Limite di liquidità	45,6 %
Limite di plasticità	30,4 %
Indice di plasticità	15,2 %

La prova è stata eseguita sulla frazione granulometrica passante al setaccio n° 40 (0.42 mm)

LIMITE DI LIQUIDITA'					LIMITE DI PLASTICITA'		
Numero di colpi	14	22	35		Umidità (%)	30,9	29,9
Umidità (%)	46,9	45,8	44,9		Umidità media	30,4	

Determinazione del Limite di liquidità



Lo Sperimentatore
Ing. Donatella Potenza

Il Direttore del Laboratorio
Ing. Pasquale Capozzoli

LABORATORIO I.P.M. s.r.l.

S.S. 19 delle Calabrie km 61+500 - 84030 Atena Lucana (SA) - Tel/Fax. 0975.374072 - Cell. 380.3125804 - 335.7165650 - 348.6909389
Codice Fiscale, Partita Iva e N° Iscr. Registro Imprese di Salerno: 006 811 107 63 - N° R.E.A. 398607 - Cap. Soc. Inter. Vers. Euro 119.000,00
www.laboratorioipm.it - info@laboratorioipm.it - laboratorioipm@pec.it - S.D.I. M5UXCR1



CERTIFICATO DI PROVA N°: TR481/E Pagina 1/1
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: TR481 del 30/10/19

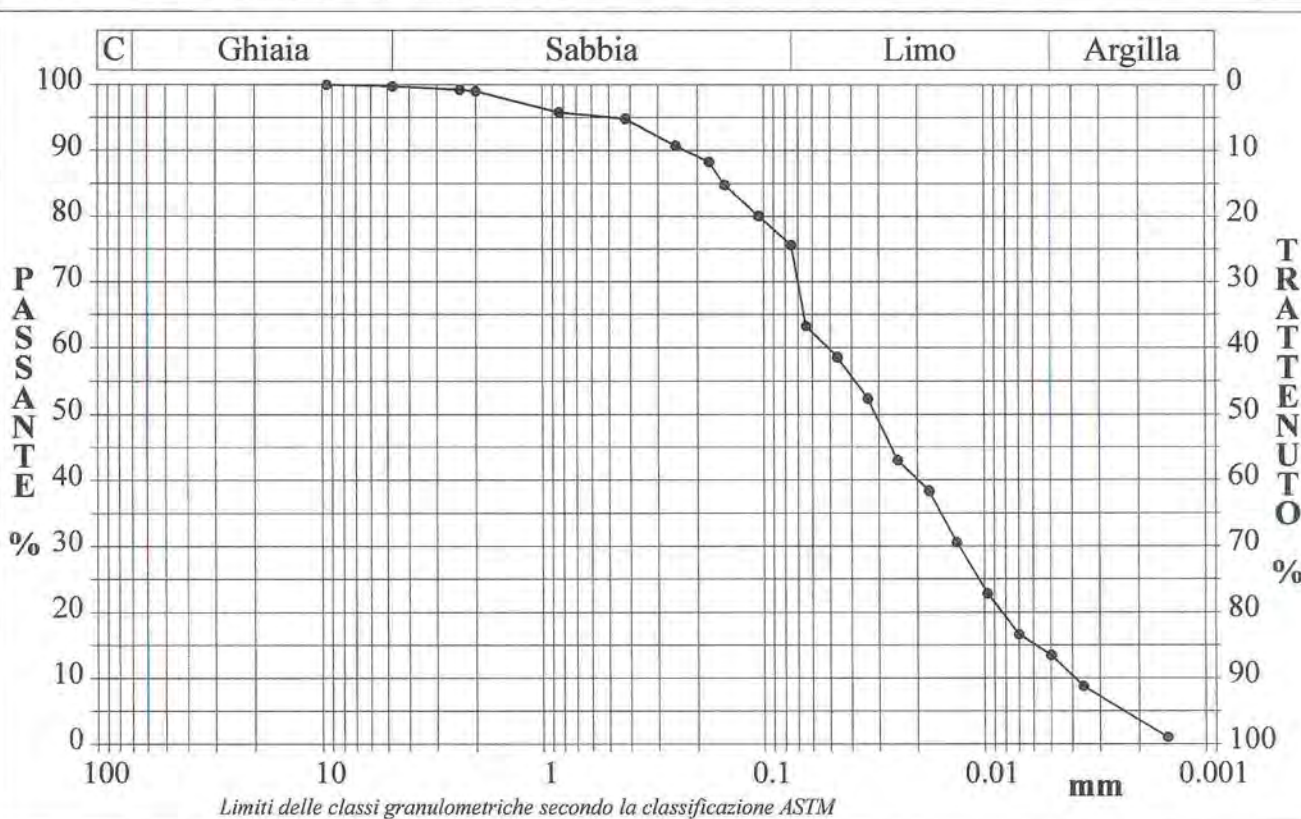
DATA DI EMISSIONE: 14/11/19 Inizio analisi: 11/11/19
Apertura campione: 04/11/19 Fine analisi: 13/11/19

COMMITTENTE: Comune di San Gregorio Magno (SA) RICHIEDENTE: dott. Geol. Goffredo Angelo RIF. ACCETTAZIONE: TR481 del 30/10/19
RIFERIMENTO: indagini nell'ambito della progettaz. definitiva-esecutiva dell' impianto di depurazione in loc. Piè delle Vigne - San Gregorio Magno (SA)
SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 2,50 - 3,00

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 422

Ghiaia	0,2 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	99,0 %	D10	0,00388 mm	
Sabbia	24,2 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	94,5 %	D30	0,01298 mm	
Limo	62,0 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	75,6 %	D50	0,03106 mm	
Argilla	13,6 %			D60	0,05103 mm	
Coefficiente di uniformità		13.16	Coefficiente di curvatura	0.85	D90	0,22351 mm



Classificazione A.G.I.: limo sabbioso e argilloso.

Lo Sperimentatore
Ing. Donatella Potenza

Il Direttore del Laboratorio
Ing. Pasquale Capozzoli

CERTIFICATO DI PROVA N°: TR481/F Pagina 1/1
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: TR481 del 30/10/19

DATA DI EMISSIONE: 14/11/19 Inizio analisi: 04/11/19
Apertura campione: 04/11/19 Fine analisi: 13/11/19

COMMITTENTE: Comune di San Gregorio Magno (SA) RICHIEDENTE: dott. Geol. Goffredo Angelo RIF. ACCETTAZIONE: TR481 del 30/10/19

RIFERIMENTO: indagini nell'ambito della progettaz. definitiva-esecutiva dell' impianto di depurazione in loc. Piè delle Vigne - San Gregorio Magno (SA)

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 2,50 - 3,00

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2435

Caratteristiche del campione

Peso di volume (kN/m³)	17,83
Umidità (%)	42,7
Peso specifico (kN/m³)	24,94
Altezza provino (cm)	2,00
Diametro provino (cm)	7,00
Sezione provino (cm²)	38,48
Volume provino (cm³)	76,97
Volume dei vuoti (cm³)	38,42
Indice dei vuoti	1,00
Porosità (%)	49,91
Saturazione (%)	100,0

DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTI

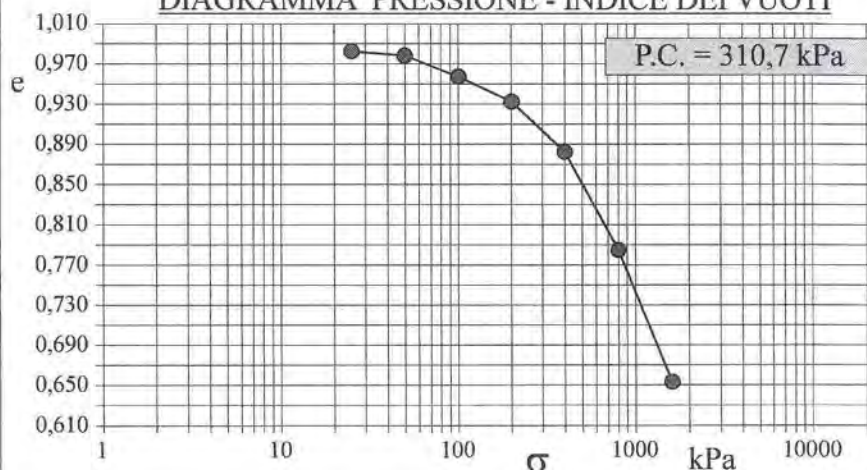
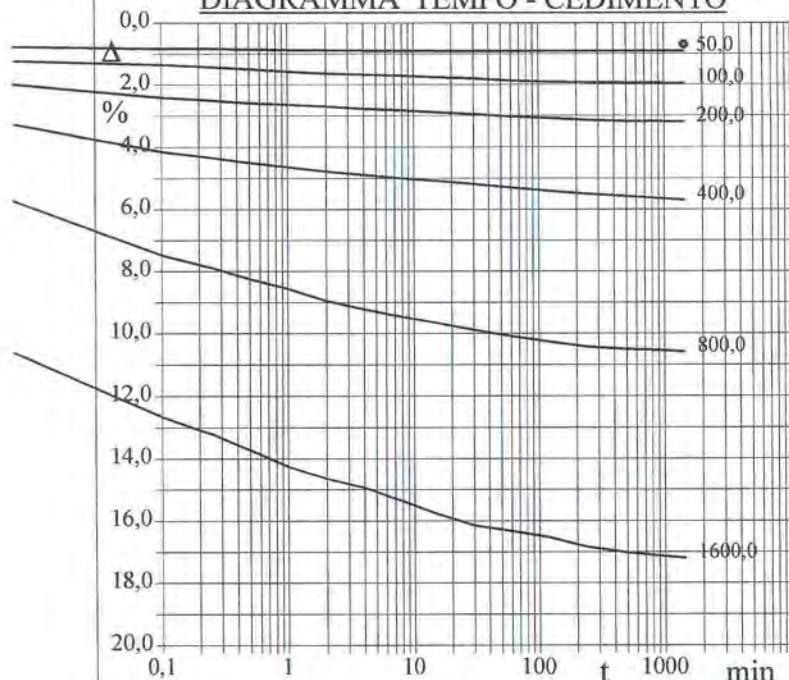
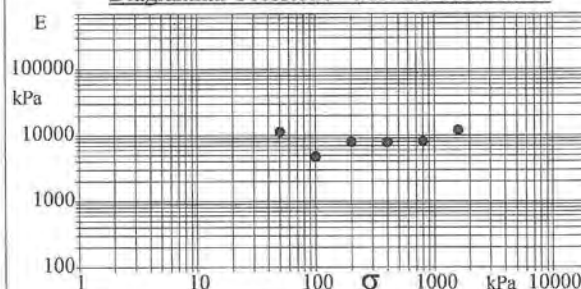


DIAGRAMMA TEMPO - CEDIMENTO



Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc	Modulo kPa	Cv cm²/sec	k cm/sec
25,0	13,7	0,983				
50,0	18,1	0,978	0,015	11417		
100,0	38,9	0,958	0,069	4803		
200,0	63,7	0,933	0,082	8081		
400,0	113,9	0,883	0,167	7952		
800,0	211,5	0,785	0,323	8203		
1600,0	343,6	0,653	0,438	12106		

Diagramma Pressione - Modulo edometrico



Lo Sperimentatore
Ing. Donatella Potenza

Il Direttore del Laboratorio
Ing. Pasquale Capozzoli

LABORATORIO I.P.M. s.r.l.

S.S. 19 delle Calabrie km 61+500 - 84030 Atena Lucana (SA) - Tel/Fax: 0975.374072 - Call: 380.3125804 - 335.7165650 - 348.6909389
Codice Fiscale, Partita Iva e N° Iscr. Registro Imprese di Salerno: 006 811 107 63 - N° R.E.A. 398607 - Cap. Soc. Inter. Vers. Euro 119.000,00
www.laboratorioipm.it - info@laboratorioipm.it - laboratorioipm@pec.it - S.D.I. M5UXCR1



CERTIFICATO DI PROVA N°: TR481/G Pagina 1/1
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: TR481 del 30/10/19

DATA DI EMISSIONE: 14/11/19 **Inizio analisi:** 05/11/19
Apertura campione: 04/11/19 **Fine analisi:** 07/11/19

COMMITTENTE: Comune di San Gregorio Magno (SA) **RICHIEDENTE:** dott. Geol. Goffredo Angelo **RIF. ACCETTAZIONE:** TR481 del 30/10/19
RIFERIMENTO: indagini nell'ambito della progettaz. definitiva-esecutiva dell' impianto di depurazione in loc. Piè delle Vigne - San Gregorio Magno (SA)
SONDAGGIO: S1 **CAMPIONE:** C1 **PROFONDITA':** m 2,50 - 3,00

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	200	400	600
Tensione a rottura (kPa):	117	193	289
Deformazione orizzontale e verticale a rottura (mm):	3,46 -0,62	3,23 -0,53	1,88 -0,32
Umidità iniziale e umidità finale (%):	42,7 32,6	42,7 38,0	42,7 41,9
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	17,0 16,5	16,5 17,6	17,2 19,5
Grado di saturazione iniziale e finale (%):	98,8 82,6	94,1 100,0	100,0 100,0

DIAGRAMMA
Tensione - Pressione verticale

Coesione: 26,1 kPa
Angolo di attrito interno: 23,3 °

Tipo di prova: Consolidata - lenta
Velocità di deformazione: 0,004 mm / min
Tempo di consolidazione (ore): 24

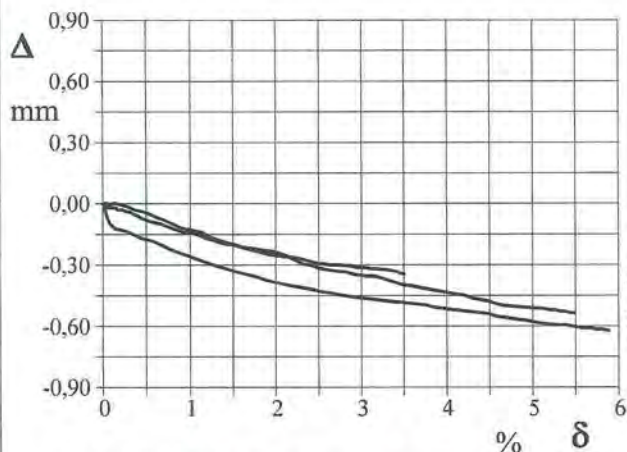
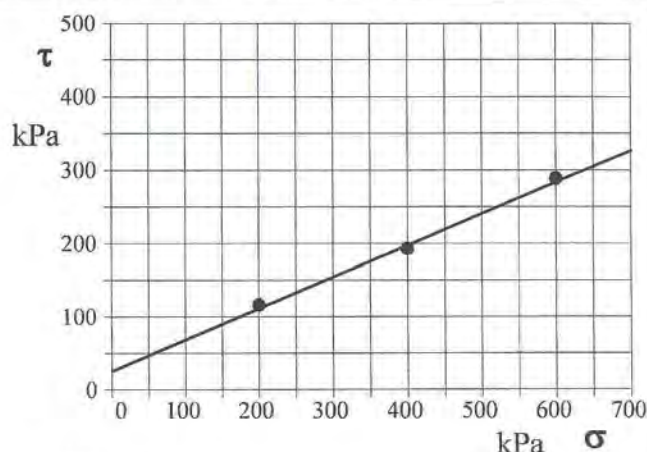


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

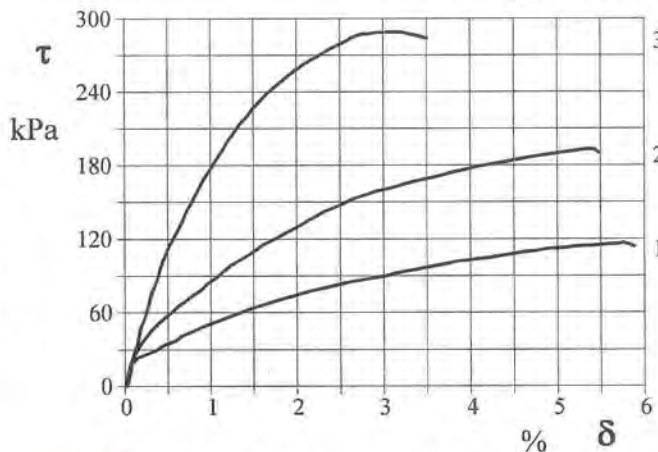


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

Lo Sperimentatore
Ing. Donatella Potenza

Il Direttore del Laboratorio
Ing. Pasquale Capozzoli

LABORATORIO I.P.M. s.r.l.

S.S. 19 delle Calabrie km 61+500 - 84030 Atena Lucana (SA) - Tel/Fax. 0975.374072 - Cell. 380.3125804 - 335.7165650 - 348.6909389
Codice Fiscale, Partita Iva e N° Iscr. Registro Imprese di Salerno: 006 811 107 63 - N° R.E.A. 398607 - Cap. Soc. Inter. Vers. Euro 119.000,00
www.laboratorioipm.it - info@laboratorioipm.it - laboratorioipm@pec.it - S.D.I. M5UXCR1



COMMITTENTE:	Comune di San Gregorio Magno (SA)	RICHIEDENTE:	dott. Geol. Goffredo Angelo	RIF. ACCETTAZIONE:	TR481 del 30/10/19
RIFERIMENTO:	indagini nell'ambito della progettaz. definitiva-esecutiva dell' impianto di depurazione in loc. Piè delle Vigne - San Gregorio Magno (SA)				
SONDAGGIO:	S1	CAMPIONE:	C2	PROFONDITA': m	14,50 - 15,00

MODULO RIASSUNTIVO

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	34,4	%
Peso di volume	18,7	kN/m ³
Peso di volume secco	13,9	kN/m ³
Peso di volume saturo	18,1	kN/m ³
Peso specifico	24,5	kN/m ³
Indice dei vuoti	0,765	
Porosità	43,3	%
Grado di saturazione	100,0	%
Limite di liquidità	48,6	%
Limite di plasticità	24,5	%
Indice di plasticità	24,1	%
Indice di consistenza	0,59	
Passante al set. n° 40	SI	
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00		

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	11,8	%
Sabbia	12,8	%
Limo	45,9	%
Argilla	29,5	%
D 10		mm
D 50	0,018478	mm
D 60	0,028064	mm
D 90	14,588770	mm
Passante set. 10	87,6	%
Passante set. 42	83,0	%
Passante set. 200	75,4	%

PERMEABILITA'

Coefficiente k	cm/sec
----------------	--------

COMPRESSIONE

σ	kPa	σ_{Rim}	kPa
c_u	kPa	$c_{u \text{ Rim}}$	kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta			
c'	29,5	kPa	ϕ' 17,7 °
c'_{Res}		kPa	ϕ'_{Res} °

COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	c_d	kPa	ϕ_d °
C.U.	c'_{cu}	kPa	ϕ'_{cu} °
	c_{cu}	kPa	ϕ_{cu} °
U.U.	c_u	kPa	ϕ_u °

PROVA EDOMETRICA

σ kPa	E kPa	Cv cm ² /sec	k cm/sec
25,0 ÷ 50,0	10060	---	---
50,0 ÷ 100,0	6254	---	---
100,0 ÷ 200,0	5757	---	---
200,0 ÷ 400,0	10217	---	---
400,0 ÷ 800,0	13950	---	---
800,0 ÷ 1600,0	23027	---	---

Classificazione A.G.I.: limo con argilla sabbioso e ghiaioso.



CERTIFICATO DI PROVA N°: TR481/AA	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 14/11/19	Inizio analisi: 04/11/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: TR481 del 30/10/19		Apertura campione: 04/11/19	Fine analisi: 05/11/19
COMMITTENTE: Comune di San Gregorio Magno (SA) RICHIEDENTE: dott. Geol. Goffredo Angelo RIF. ACCETTAZIONE: TR481 del 30/10/19			
RIFERIMENTO: indagini nell'ambito della progettaz. definitiva-esecutiva dell' impianto di depurazione in loc. Piè delle Vigne - San Gregorio Magno (SA)			
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C2	PROFONDITA': m 14,50 - 15,00	
<u>CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE</u>			
Modalità di prova: Norma ASTM D 2216			

W_n = contenuto d'acqua allo stato naturale = 34,4 %

Struttura del materiale:

- ☒ Omogeneo
☐ Stratificato
☐ Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C



Lo Sperimentatore
Ing. Donatella Potenza

Il Direttore del Laboratorio
Ing. Pasquale Capozzoli

LABORATORIO I.P.M. s.r.l.

S.S. 19 delle Calabrie km 61+500 - 84030 Atena Lucana (SA) - Tel/Fax: 0975.374072 - Cell. 380.3125804 - 335.7165650 - 348.6909389
 Codice Fiscale, Partita Iva e N° Iscr. Registro Imprese di Salerno: 006 811 107 63 - N° R.E.A. 398607 - Cap. Soc. Inter. Vers. Euro 119.000,00
 www.laboratorioipm.it - info@laboratorioipm.it - laboratorioipm@pec.it - S.D.I. M5UXCR1



CERTIFICATO DI PROVA N°: TR481/BB	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 14/11/19	Inizio analisi: 07/11/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: TR481 del 30/10/19		Apertura campione: 04/11/19	Fine analisi: 07/11/19
COMMITTENTE: Comune di San Gregorio Magno (SA) RICHIEDENTE: dott. Geol. Goffredo Angelo RIF. ACCETTAZIONE: TR481 del 30/10/19			
RIFERIMENTO: indagini nell'ambito della progettaz. definitiva-esecutiva dell' impianto di depurazione in loc. Piè delle Vigne - San Gregorio Magno (SA)			
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C2	PROFONDITA': m 14,50 - 15,00	
<u>PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE</u>			
Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E			

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

Peso di volume allo stato naturale = 18,7 kN/m³



Lo Sperimentatore
Ing. Donatella Potenza

Il Direttore del Laboratorio
Ing. Pasquale Capozzoli

LABORATORIO I.P.M. s.r.l.

S.S. 19 delle Calabrie km 61+500 - 84030 Atena Lucana (SA) - Tel/Fax. 0975.374072 - Cell. 380.3125804 - 335.7165650 - 348.6909389
Codice Fiscale, Partita Iva e N° Iscr. Registro Imprese di Salerno: 006 811 107 63 - N° R.E.A. 398607 - Cap. Soc. Inter. Vers. Euro 119.000,00
www.laboratorioipm.it - info@laboratorioipm.it - laboratorioipm@pec.it - S.D.I. M5UXCR1



CERTIFICATO DI PROVA N°: TR481/CC	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 14/11/19	Inizio analisi: 07/11/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: TR481 del 30/10/19		Apertura campione: 04/11/19	Fine analisi: 07/11/19
COMMITTENTE: Comune di San Gregorio Magno (SA) RICHIEDENTE: dott. Geol. Goffredo Angelo RIF. ACCETTAZIONE: TR481 del 30/10/19			
RIFERIMENTO: indagini nell'ambito della progettaz. definitiva-esecutiva dell' impianto di depurazione in loc. Piè delle Vigne - San Gregorio Magno (SA)			
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C2	PROFONDITA': m 14,50 - 15,00	
<u>PESO SPECIFICO DEI GRANULI</u>			
Modalità di prova: Norma ASTM D 854			

γ_s = **Peso specifico dei granuli (media delle due misure) (kN/m³) = 24,5 kN/m³**

γ_{sc} = **Peso specifico dei granuli corretto a 20° (kN/m³) = 24,5 kN/m³**

Metodo: ☐ A ☒ B

Capacità del picnometro: 100 ml

Temperatura di prova: 21,2 °C

Disaerazione eseguita per bollitura



Lo Spedimentatore
Ing. Donatella Potenza

Il Direttore del Laboratorio
Ing. Pasquale Capozzoli

LABORATORIO I.P.M. s.r.l.

S.S. 19 delle Calabrie km 61+500 - 84030 Atena Lucana (SA) - Tel/Fax: 0975.374072 - Cell. 380.3125804 - 335.7165650 - 348.6909389
Codice Fiscale, Partita Iva e N° Iscr. Registro Imprese di Salerno: 006 811 107 63 - N° R.E.A. 398607 - Cap. Soc. Inter. Vers. Euro 119.000,00
www.laboratorioipm.it - info@laboratorioipm.it - laboratorioipm@pec.it - S.D.I. M5UXCR1



CERTIFICATO DI PROVA N°: TR481/DD	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 14/11/19	Inizio analisi: 07/11/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: TR481 del 30/10/19		Apertura campione: 04/11/19	Fine analisi: 08/11/19

COMMITTENTE: Comune di San Gregorio Magno (SA)	RICHIEDENTE: dott. Geol. Goffredo Angelo	RIF. ACCETTAZIONE: TR481 del 30/10/19
RIFERIMENTO: indagini nell'ambito della progettaz. definitiva-esecutiva dell' impianto di depurazione in loc. Piè delle Vigne - San Gregorio Magno (SA)		
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C2	PROFONDITA': m 14,50 - 15,00

LIMITI DI CONSISTENZA LIQUIDO E PLASTICO

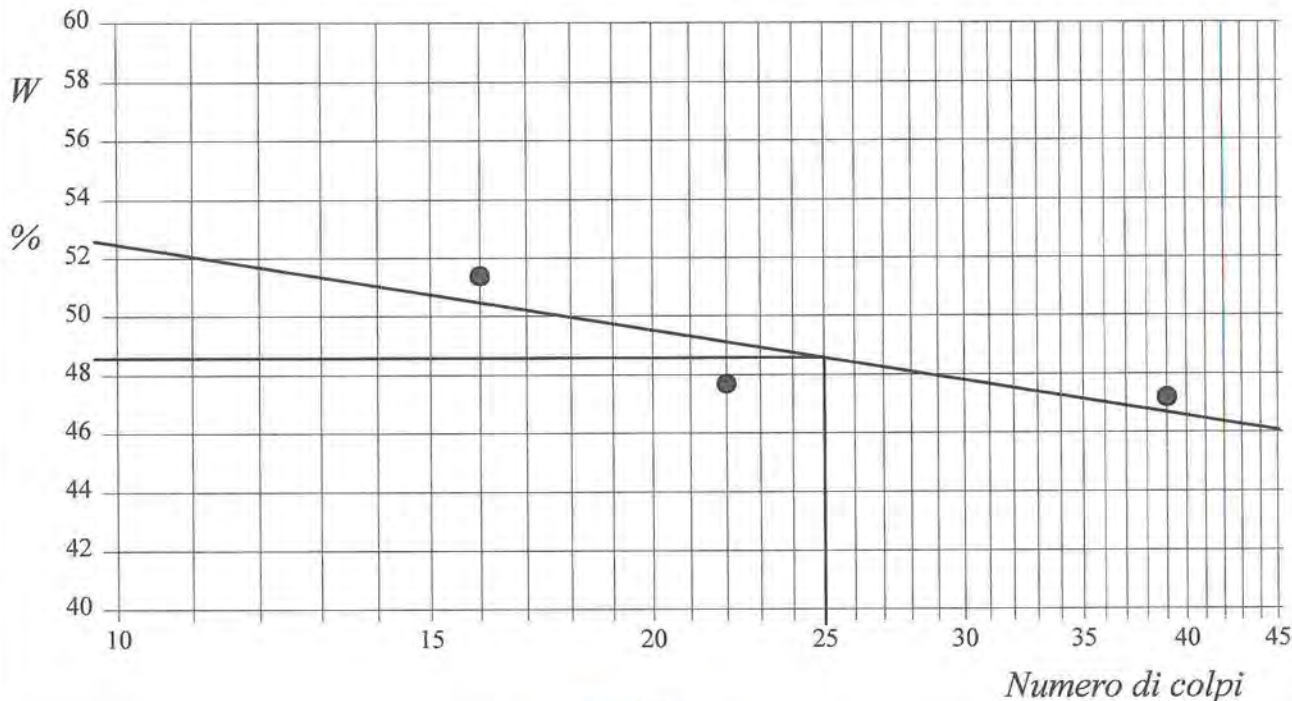
Modalità di prova: Norma ASTM D 4318

Limite di liquidità	48,6 %
Limite di plasticità	24,5 %
Indice di plasticità	24,1 %

La prova è stata eseguita sulla frazione granulometrica passante al setaccio n° 40 (0.42 mm)

LIMITE DI LIQUIDITA'					LIMITE DI PLASTICITA'		
Numero di colpi	16	22	39		Umidità (%)	25,0	24,0
Umidità (%)	51,4	47,7	47,2		Umidità media	24,5	

Determinazione del Limite di liquidità



Lo Sperimentatore
Ing. Donatella Potenza

Il Direttore del Laboratorio
Ing. Pasquale Capozzoli

LABORATORIO I.P.M. s.r.l.

S.S. 19 delle Calabrie km 61+500 - 84030 Atena Lucana (SA) - Tel/Fax. 0975.374072 - Cell. 380.3125804 - 335.7165650 - 348.6909389
Codice Fiscale, Partita Iva e N° Iscr. Registro Imprese di Salerno: 006 811 107 63 - N° R.E.A. 398607 - Cap. Soc. Inter. Vers. Euro 119.000,00
www.laboratorioipm.it - info@laboratorioipm.it - laboratorioipm@pec.it - S.D.I. M5UXCR1



CERTIFICATO DI PROVA N°: TR481/EE Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: TR481 del 30/10/19

DATA DI EMISSIONE: 14/11/19 Inizio analisi: 11/11/19

Apertura campione: 04/11/19 Fine analisi: 13/11/19

COMMITTENTE: Comune di San Gregorio Magno (SA) RICHIEDENTE: dott. Geol. Goffredo Angelo RIF. ACCETTAZIONE: TR481 del 30/10/19

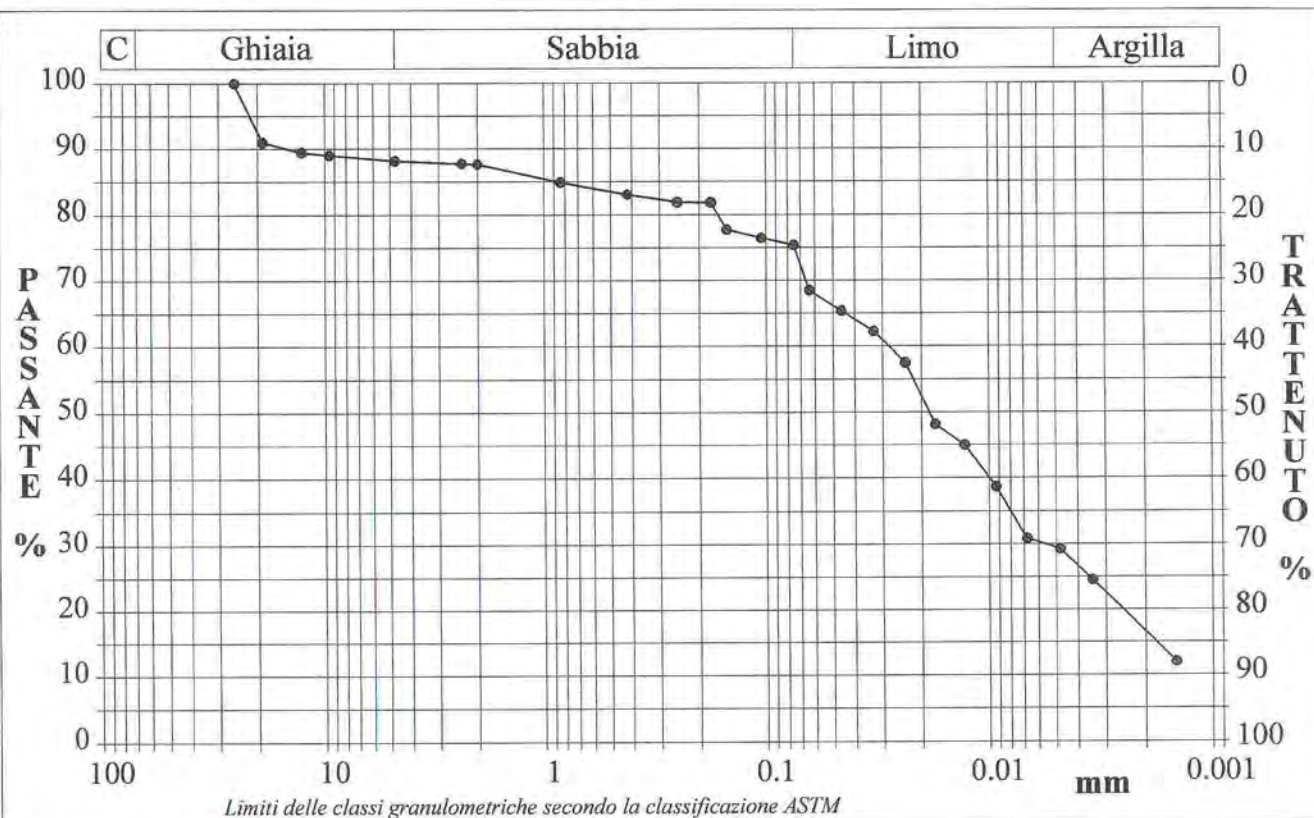
RIFERIMENTO: indagini nell'ambito della progettaz. definitiva-esecutiva dell' impianto di depurazione in loc. Piè delle Vigne - San Gregorio Magno (SA)

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C2 PROFONDITA': m 14,50 - 15,00

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 422

Ghiaia	11,8 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	87,6 %	D10	---	mm
Sabbia	12,8 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	83,0 %	D30	0,00558	mm
Limo	45,9 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	75,4 %	D50	0,01848	mm
Argilla	29,5 %			D60	0,02806	mm
Coefficiente di uniformità		---	Coefficiente di curvatura	---	D90	14,58877
						mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
25,4000	100,00	2,3600	87,76	0,1770	81,84	0,0458	65,40	0,0093	38,72
19,0000	90,99	2,0000	87,65	0,1500	77,76	0,0328	62,26	0,0068	30,88
12,7000	89,48	0,8410	84,91	0,1050	76,46	0,0237	57,55	0,0048	29,31
9,5200	89,02	0,4200	83,08	0,0750	75,40	0,0174	48,14	0,0034	24,60
4,7500	88,21	0,2500	81,91	0,0639	68,54	0,0128	45,00	0,0015	12,05

Classificazione A.G.I.: limo con argilla sabbioso e ghiaioso.

Lo Sperimentatore
Ing. Donatella Potenza

Il Direttore del Laboratorio
Ing. Pasquale Capozzoli

LABORATORIO I.P.M. s.r.l.

S.S. 19 delle Calabrie km 61+500 - 84030 Atena Lucana (SA) - Tel/Fax. 0975.374072 - Cell. 380.3125804 - 335.7165650 - 348.6909389
Codice Fiscale, Partita Iva e N° Iscr. Registro Imprese di Salerno: 006 811 107 63 - N° R.E.A. 398607 - Cap. Soc. Inter. Vers. Euro 119.000,00
www.laboratorioipm.it - info@laboratorioipm.it - laboratorioipm@pec.it - S.D.I. M5UXCR1



CERTIFICATO DI PROVA N°: TR481/FF Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: TR481 del 30/10/19

DATA DI EMISSIONE: 14/11/19

Inizio analisi: 04/11/19

Apertura campione: 04/11/19

Fine analisi: 13/11/19

COMMITTENTE: Comune di San Gregorio Magno (SA) RICHIEDENTE: dott. Geol. Goffredo Angelo RIF. ACCETTAZIONE: TR481 del 30/10/19

RIFERIMENTO: indagini nell'ambito della progettaz. definitiva-esecutiva dell' impianto di depurazione in loc. Piè delle Vigne - San Gregorio Magno (SA)

SONDAGGIO: S1

CAMPIONE: C2

PROFONDITA': m 14,50 - 15,00

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2435

Caratteristiche del campione

Peso di volume (kN/m³)	18,76
Umidità (%)	34,4
Peso specifico (kN/m³)	24,52
Altezza provino (cm)	2,00
Diametro provino (cm)	7,00
Sezione provino (cm²)	38,48
Volume provino (cm³)	76,97
Volume dei vuoti (cm³)	33,17
Indice dei vuoti	0,76
Porosità (%)	43,09
Saturazione (%)	100,0

DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTI

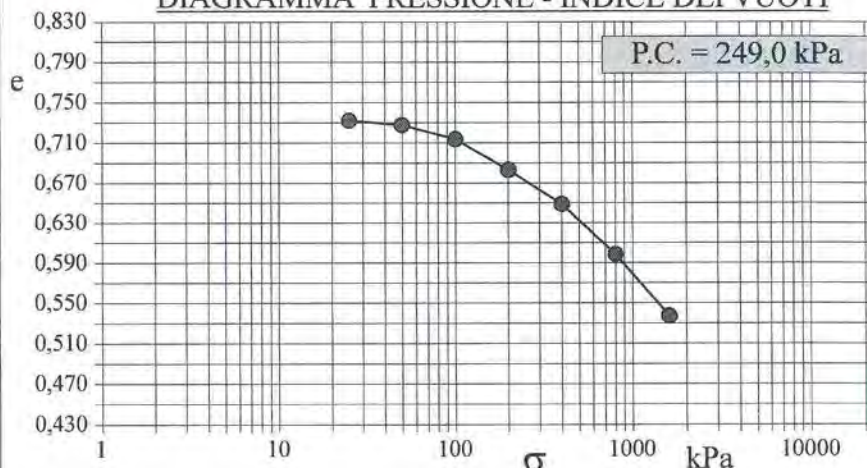
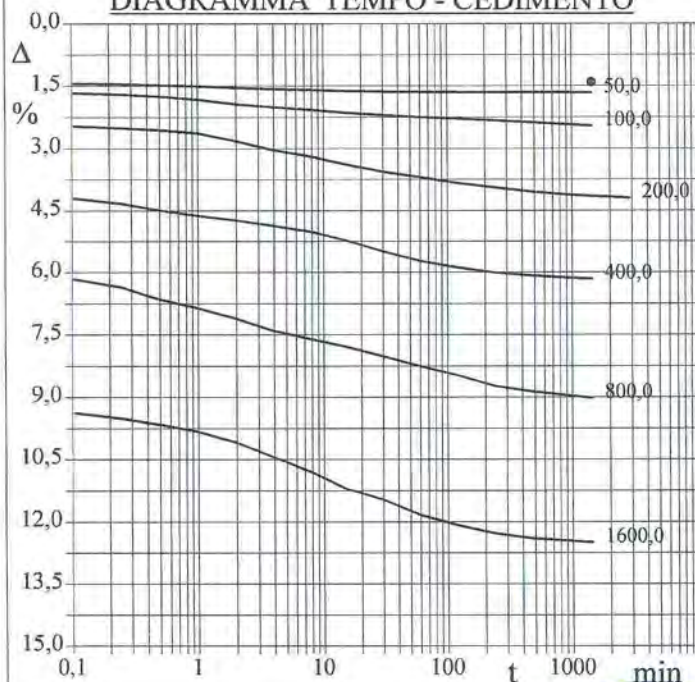
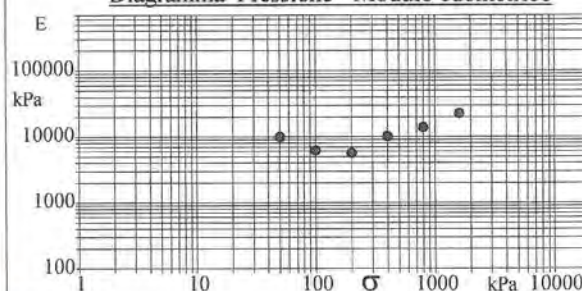


DIAGRAMMA TEMPO - CEDIMENTO



Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc	Modulo kPa	Cv cm²/sec	k cm/sec
25,0	28,1	0,732				
50,0	33,1	0,728	0,015	10060		
100,0	49,1	0,714	0,047	6254		
200,0	83,8	0,684	0,101	5757		
400,0	123,0	0,649	0,114	10217		
800,0	180,3	0,599	0,167	13950		
1600,0	249,8	0,538	0,203	23027		

Diagramma Pressione - Modulo edometrico



Lo Sperimentatore
Ing. Donatella Potenza

Il Direttore del Laboratorio
Ing. Pasquale Capozzoli

LABORATORIO I.P.M. s.r.l.

S.S. 19 delle Calabrie km 61+500 - 84030 Atena Lucana (SA) - Tel/Fax. 0975.374072 - Cell. 380.3125804 - 335.7165650 - 348.6909389
Codice Fiscale, Partita Iva e N° Iscr. Registro Imprese di Salerno: 006 811 107 63 - N° R.E.A. 398607 - Cap. Soc. Inter. Vers. Euro 119.000,00
www.laboratorioipm.it - info@laboratorioipm.it - laboratorioipm@pec.it - S.D.I. M5UXCR1



ISO 9001:2008
BUREAU VERITAS
Certification

N° 167291



CERTIFICATO DI PROVA N°: TR481/GG Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: TR481 del 30/10/19

DATA DI EMISSIONE: 14/11/19

Inizio analisi: 07/11/19

Apertura campione: 04/11/19

Fine analisi: 09/11/19

COMMITTENTE: Comune di San Gregorio Magno (SA) RICHIEDENTE: dott. Geol. Goffredo Angelo RIF. ACCETTAZIONE: TR481 del 30/10/19

RIFERIMENTO: indagini nell'ambito della progettaz. definitiva-esecutiva dell' impianto di depurazione in loc. Piè delle Vigne - San Gregorio Magno (SA)

SONDAGGIO: S1

CAMPIONE: C2

PROFONDITA': m 14,50 - 15,00

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	200	400	600
Tensione a rottura (kPa):	98	152	226
Deformazione orizzontale e verticale a rottura (mm):	2,08 -0,12	1,85 -0,15	1,79 -0,22
Umidità iniziale e umidità finale (%):	34,4 31,3	34,4 28,0	34,4 27,6
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	18,6 19,3	18,8 19,6	18,6 19,6
Grado di saturazione iniziale e finale (%):	100,0 100,0	100,0 100,0	100,0 100,0

DIAGRAMMA

Tensione - Pressione verticale

Coesione: 29,5 kPa

Angolo di attrito interno: 17,7 °

Tipo di prova: Consolidata - lenta

Velocità di deformazione: 0,002 mm / min

Tempo di consolidazione (ore): 24

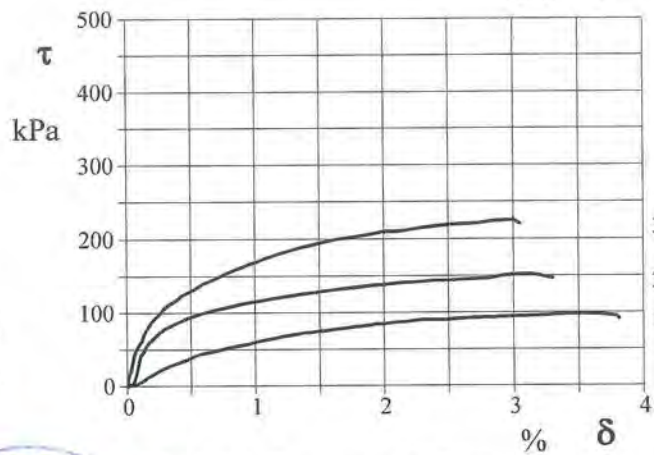
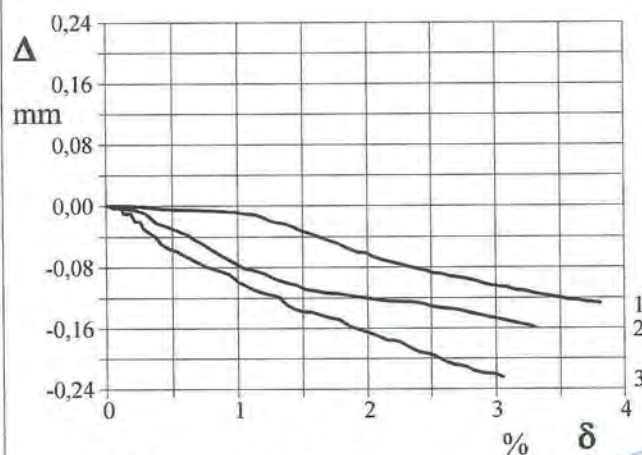
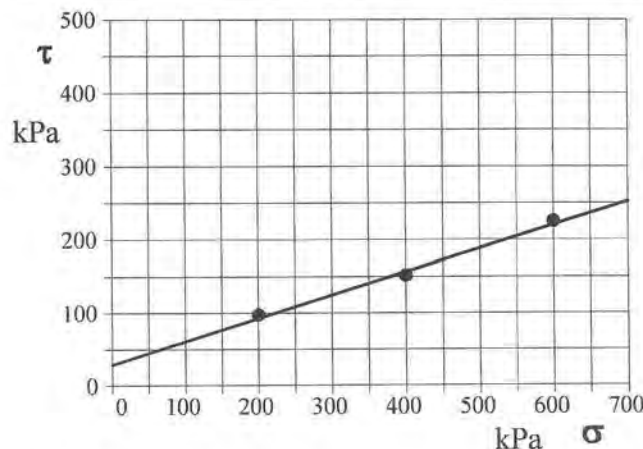


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

Lo Sperimentatore
Ing. Donatella Potenza

Il Direttore del Laboratorio
Ing. Pasquale Capozzoli

LABORATORIO I.P.M. s.r.l.

S.S. 19 delle Calabrie km 61+500 - 84030 Atena Lucana (SA) - Tel/Fax. 0975.374072 - Cell. 380.3125804 - 335.7165650 - 348.6909389

Codice Fiscale, Partita Iva e N° Iscr. Registro Imprese di Salerno: 006 811 107 63 - N° R.E.A. 398607 - Cap. Soc. Inter. Vers. Euro 119.000,00

www.laboratorioipm.it - info@laboratorioipm.it - laboratorioipm@pec.it - S.D.I. M5UXCR1



N° 167291





GEOTEST S.r.l.
Laboratorio • Studio Geologico Tecnico

LABORATORIO: PROVE SU MASSIMI DA COSTRUZIONE • PROVE GEOTECNICHE
SUI TERRENI E SULLE ROCCE • PROVE ED ANALISI PER MARCATORI CE PER
AGGREGATI • PROVE ED ANALISI SUI BITUMI E CONGLOMERATI BITUMINOSI
• COLLAUDI • DIAGNOSTICA • MONITORAGGIO • SORVEGLIANZA • PROVE E
CONTROLLI NON DISTRUTTIVI • PROVE IN SITO • PROVE GEOTECNICHE • SONDAGGI
MECCANICI E PROVE IN FONDO • LABORATORIO MOBILE PER CONTROLLI DI QUALITÀ
STUDIO GEOLOGICO TECNICO: GEOLOGIA • GEOLOGIA APPLICATA ALL'INGEGNERIA
• GEOLOGIA URBANISTICA E TERRITORIALE • GEOLOGIA AMBIENTALE E SANITARIA
• GEOTECNICA • IDROGEOLOGIA • GEOTECNICA • SONDAGGI GEODINAMICI

DOSSIER: GID 67/19

RELAZIONE SISMICA

REALIZZAZIONE IMPIANTO DI DEPURAZIONE DI SAN GREGORIO MAGNO

COMUNE DI SAN GREGORIO MAGNO - (PROVINCIA di
SALERNO)

LOCALITÀ : PIÙ DELLA VIGNA

COMMITTENTE: COMUNE DI SAN GREGORIO MAGNO

Atena Lucana, dicembre 2019

Collaboratore
Dott. Geol. Angelo Nicola Giuliano

Il Direttore Tecnico
Dott. Geol. Francesco Di Gruccio

Sede Legale e laboratorio:

S.S. 19 delle Calabrie km 61+500 - 84030 Atena Lucana (SA) - info@geotest.it - tel/fax 0975374072 - cell 3803125804 - cell 3486904890
cod. fisc. / part. I.V.A. / n. iscriz. Reg. Imp. di Salerno: 03786890651 - R.E.A. 320856 - Cap. Soc. I.V. euro 119.000,00

SOMMARIO

CAPITOLO 1.....	3
PREMESSA.....	3
CAPITOLO 2.....	4
INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....	4
INDAGINE SISMICA.....	7
CAPITOLO 3.....	28
CARATTERIZZAZIONE SISMICA	28
RISCHIO SISMICO NEL DISS (DATABASE OF INDIVIDUAL SEISMOGENIC SOURCES)-INGV	40
CAPITOLO 4.....	40
NATURA E CARATTERISTICHE DEL SUOLO INVESTIGATO	41
CAPITOLO 5.....	42
CONCLUSIONI.....	42

PREMESSA

Per incarico ricevuto dal Comune di San Gregorio Magno è stata redatta una **relazione sismica**, per il progetto: “**REALIZZAZIONE IMPIANTO DI DEPURAZIONE DI SAN GREGORIO MAGNO**”, in loc. Piè delle Vigne e Area P.I.P.-San Gregorio Magno (SA). Con lo scopo di fornire le informazioni necessarie ai fini della caratterizzazione sismica dei terreni, della determinazione delle loro caratteristiche e del loro assetto lito-stratigrafico.

La struttura è ubicata nel Foglio n. 36, part. n. 576, nel Comune di San Gregorio Magno (SA) e nel Foglio n.199 (Potenza) della Carta Geologica d'Italia in scala 1: 100.000.

Al fine di determinare le caratteristiche sismiche e geotecniche dei terreni interessati dalla struttura si è proceduti nel seguente modo:

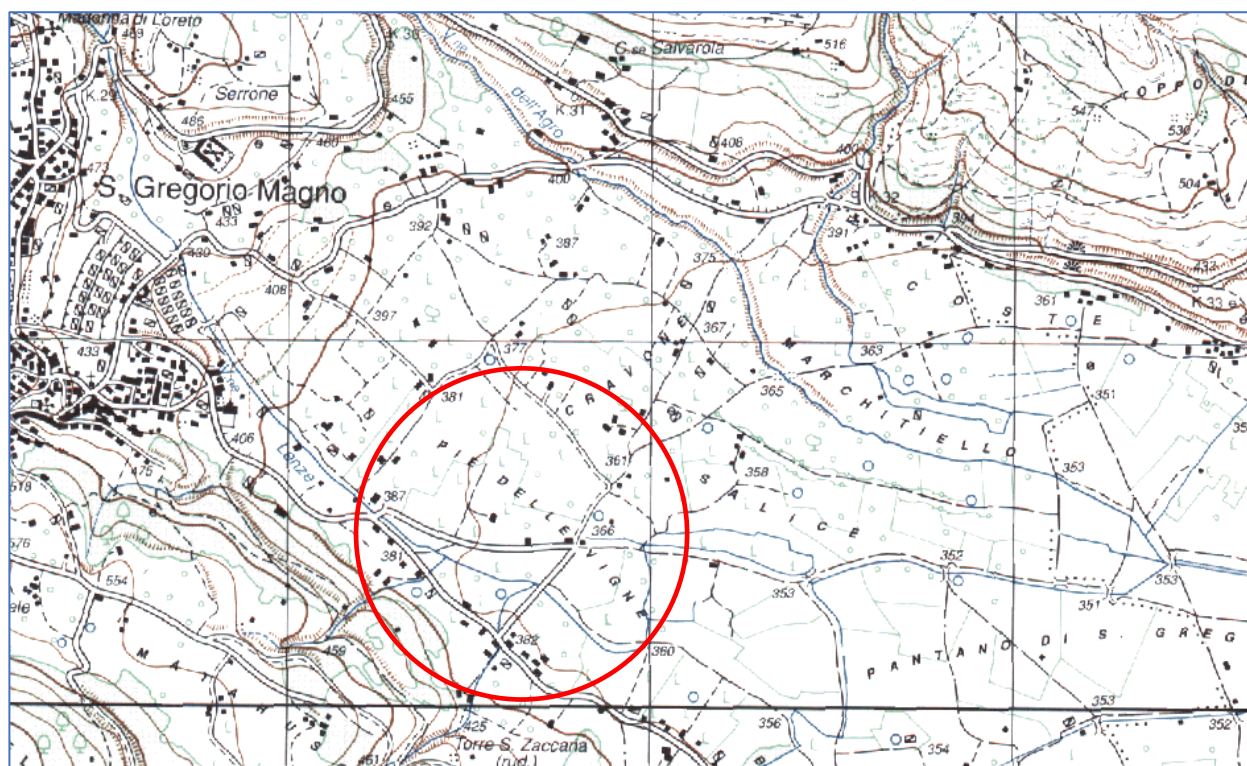
- **Ricerca bibliografica preliminare**
- **Reperimento della cartografia geologica e tematica esistente**
- **Rilevamento geologico speditivo** dell'area di intervento e di una significativa porzione di territorio circostante, quale strumento indispensabile sia per la caratterizzazione litostratigrafica che litotecnica dei terreni superficiali
- **Prospezione geosismica MASW-GRM**

Lo studio è stato, inoltre, eseguito tenendo conto delle prescrizioni contenute nella:

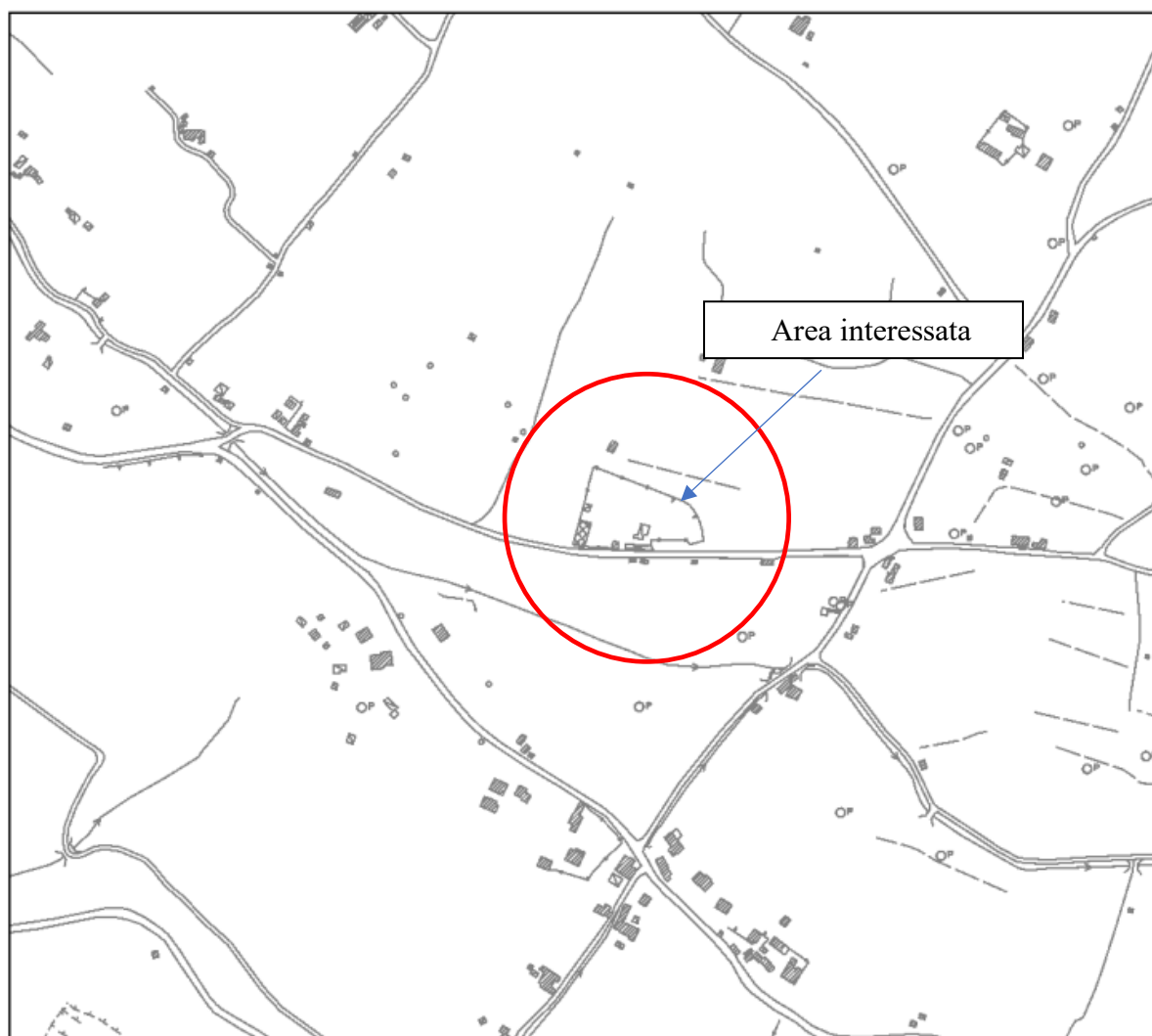
- Legge Regionale 7 febbraio 1983 n° 9, artt. 14 e 15-Norme per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di difesa del territorio dal rischio sismico.
- NTC 2018 del 17 gennaio 2018

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area interessata dal progetto, è ubicata in loc. Piè delle Vigne-Area P.I.P., San Gregorio Magno (SA). Il paese è situato nell'Alta valle del Tanagro, al confine con la Basilicata ed è topograficamente individuabile nel Foglio n° 198 I NE-Buccino-IGM della Carta ufficiale dell'Istituto Geografico Militare, scala 1: 25.000 riportato in stralcio nella figura seguente.



Carta Tecnica Regionale



150m

1:5.000

Comune di San Gregorio Magno-Foglio 36, part. 576-Ubicazione MASW-GRM

Catasto ortofoto



30m

1:1.000

INDAGINE SISMICA

Ai fini della conoscenza geofisica dell'area di studio è stata eseguita una prospezione geofisica MASW-GRM.

SISMICA A RIFRAZIONE

La tecnica della sismica a rifrazione è una delle più usate nelle applicazioni di ingegneria civile, anche in considerazione del fatto che a differenza di altri metodi non sfrutta campi di forza naturali, ma richiede in genere l'immissione nel terreno di una certa quantità di energia la cui intensità, come pure la distanza fra sorgente e apparecchi di misura, può essere regolata per rispondere nel modo più esauriente possibile alle diverse problematiche.

L'indagine consiste nel generare in un punto preciso del terreno delle onde sismiche e di misurare ad intervalli regolari i tempi di arrivo ai sensori (geofoni), collocati lungo il profilo sismico. Attraverso lo studio dei tempi di percorso e quindi delle velocità delle onde, si può ricostruire la geometria degli strati presenti al di sotto della zona di indagine.

Le onde sismiche nel sottosuolo si propagano con velocità differente, a seconda delle caratteristiche fisico-elastiche degli strati attraversati. Quando un'onda sismica incontra una superficie di separazione tra due mezzi isotropi con caratteristiche elastiche diverse, una parte dell'energia si riflette nello stesso mezzo in cui si propaga l'onda incidente ed una parte si rifrange nell'altro (legge di Snell).

Per poter utilizzare il metodo è necessario che al di sotto dei terreni sciolti si trovi un orizzonte rifrattore ossia una roccia con caratteristiche fisico-meccaniche superiori tale che le velocità siano crescenti con la profondità.

L'apparecchiatura necessaria per le indagini è costituita da una serie di geofoni (generalmente 12 o 24) che vengono spazati regolarmente lungo un determinato allineamento e da un sismografo che registra l'istante di partenza della perturbazione ed i tempi di arrivo delle onde a ciascun geofono.

La registrazione, sia del momento dell'esplosione che del segnale amplificato da ciascun geofono, avviene simultaneamente su di un unico diagramma (sismogramma).

Solitamente, si hanno sismogrammi di diversi geofoni, posti a diversa distanza dalla sorgente: questi possono essere stampati in funzione del tempo e della distanza, in quelle che vengono definite "registrazioni di scoppio" (shot records). La variazione Tempo / Distanza è detta "scostamento" (moveout).

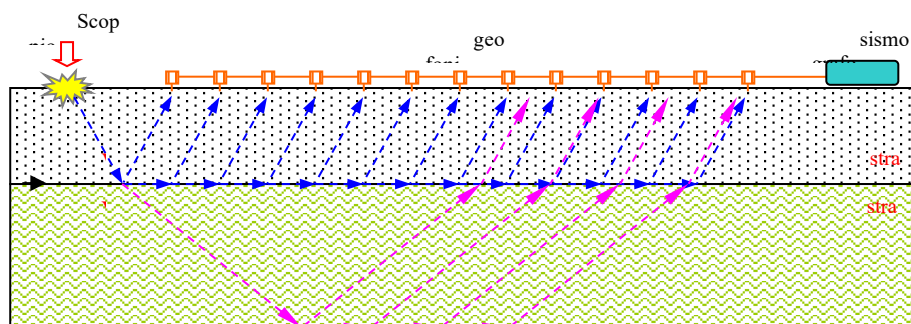


Fig. 1 – Rappresentazione schematica della propagazione delle velocità (V_p) nel sottosuolo e loro registrazione.

Il diagramma che rappresenta i tempi di propagazione delle onde sismiche in funzione della distanza del punto di emissione si definisce "curva di propagazione" o "dromocrona" ("travel time curve").

Ciò che essenzialmente conta, per il metodo a rifrazione, è identificare il tempo di arrivo della prima onda in ogni geofono ("first break picking").

CARATTERISTICHE DELLA STRUMENTAZIONE

SISMOGRAFO M.A.E. X610-S



Convertitori: risoluzione 24 bit, tecnologia sigma-delta

- Range dinamico: 144 dB (teorico)
- Distorsione massima: $\pm 0.0010\%$
- Banda passante: 2Hz-30KHz
- Common mode rejection: 110 dB a 60 Hz
- Diafonia: -120dB a 20 Hz
- Soglia di rumore dell'amplificatore programmabile: 27nV
- Precisione del trigger: 1/30 del tempo di campionatura
- Range massimo segnale in ingresso: $\pm 5V$
- Impedenza di ingresso a 1000 campioni /secondo: 20Mohm
- Livelli di amplificazione: 0 dB, 6 dB, 12 dB, 18 dB, 24 dB, 30 dB, 36 dB impostabili singolarmente per ogni canale o per gruppi di canali liberamente organizzabili

Dati tecnici:

Risoluzione acquisizione	<i>24 bit con sovracampionamento</i>
Trattamento dati	<i>Floating Point 32 bit</i>
Numero di canali	<i>48-72</i>
Compatibilità dati acquisiti	<i>SEG-2 standard (32-bit long integer) o ASCII</i>
Accuratezza	<i>$\pm 0.01 \%$</i>
Geofono	<i>4,5 Hz</i>
Software	<i>EASY REFRACT-GEOSTRU</i>

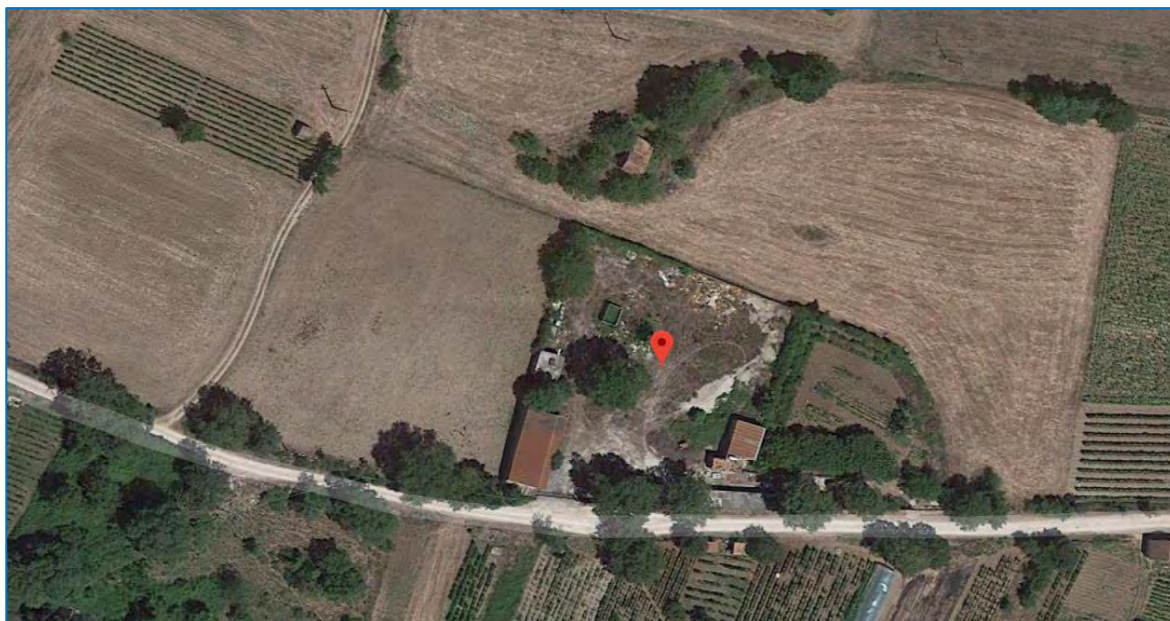
INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI

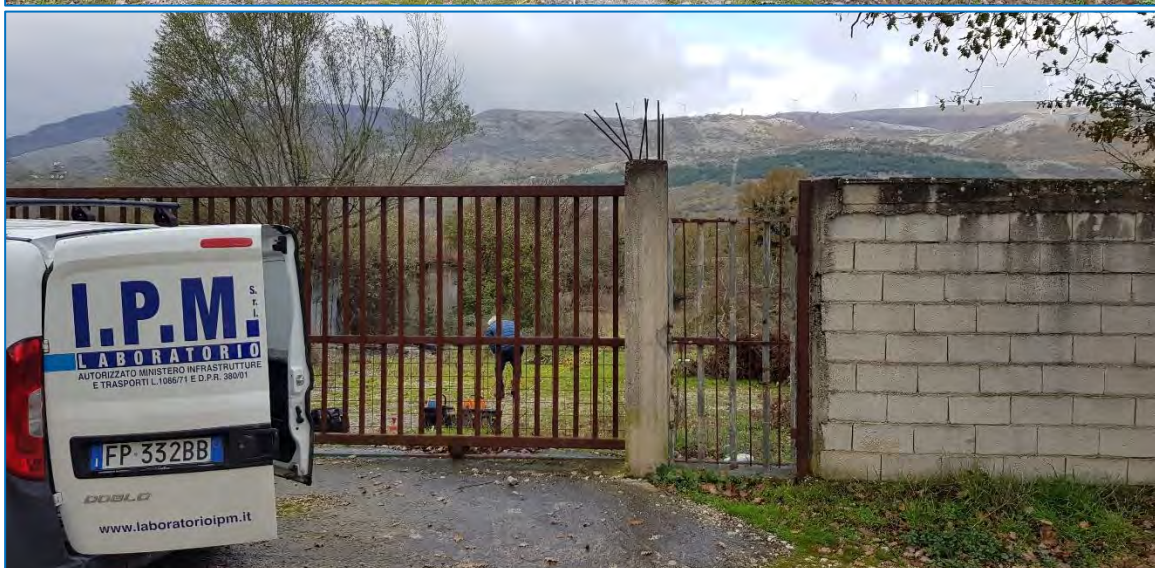
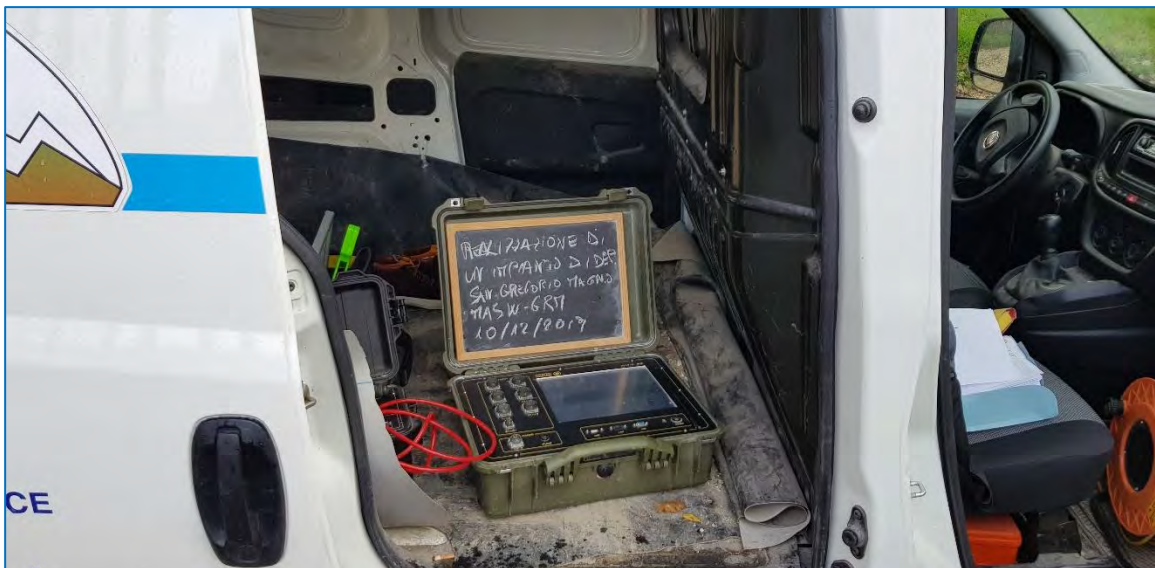
I sondaggi di sismica a rifrazione sul sito investigato sono stati elaborati ed interpretati utilizzando il software EASY REFRACT della GEOSTRU.

La prima fase dell'elaborazione consiste nella determinazione dei “Primi Arrivi” adottando diverse metodologie, dalla cross-correlation alla wavelet-analysis, reiterando il procedimento per raffinare i risultati ottenuti con continui controlli della compatibilità tra i tempi identificati e quelli derivati dall'interpolazione dei geofoni adiacenti. La seconda fase consiste nel calcolo delle dromocrone ovvero delle rette che presentano il miglior coefficiente di correlazione con i tempi dei Primi Arrivi precedentemente determinati.

Dati generali

Descrizione	Realizzazione impianto di depurazione di san Gregorio Magno
Committente	Comune di San Gregorio Magno
Operatore	Dott. Geol. Angelo Nicola Giuliano
Responsabile	Dott. Geol. Francesco Di Gruccio
Data	11/12/2019
Via	Piè delle Vigne
Latitudine	40.652601[°]
Longitudine	15.420013[°]
Altitudine	371[m]





Geometria geofoni

	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	0.0	0.0
2	2.0	0.0
3	4.0	0.0
4	6.0	0.0
5	8.0	0.0
6	10.0	0.0
7	12.0	0.0
8	14.0	0.0
9	16.0	0.0
10	18.0	0.0
11	20.0	0.0
12	22.0	0.0
13	24.0	0.0
14	26.0	0.0
15	28.0	0.0
16	30.0	0.0
17	32.0	0.0
18	34.0	0.0
19	36.0	0.0
20	38.0	0.0
21	40.0	0.0
22	42.0	0.0
23	44.0	0.0
24	46.0	0.0

Dati battute

Battuta 1

Posizione sorgente X -3 [m]
Posizione sorgente Z 0 [m]

Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	7.6124
2.0	9.8961
4.0	12.9410
6.0	17.5084
8.0	22.0758
10.0	23.5983
12.0	25.8820
14.0	27.4045
16.0	28.9270

18.0	29.6882
20.0	31.2107
22.0	32.7332
24.0	33.4944
26.0	35.7781
28.0	37.3006
30.0	38.8230
32.0	39.5843
34.0	39.5843
36.0	41.1067
38.0	42.6292
40.0	43.3905
42.0	44.9129
44.0	47.9579
46.0	50.2416

Battuta 2

Posizione sorgente X 23 [m]

Posizione sorgente Z 0 [m]

Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	34.2556
2.0	34.2556
4.0	31.9719
6.0	30.4494
8.0	29.6882
10.0	28.9270
12.0	27.4045
14.0	23.5983
16.0	18.2697
18.0	12.1798
20.0	6.0899
22.0	0.7612
24.0	1.5225
26.0	6.8511
28.0	10.6573
30.0	13.7022
32.0	19.7921
34.0	22.0758
36.0	22.8371
38.0	25.8820
40.0	26.6433
42.0	27.4045
44.0	29.6882
46.0	31.2107

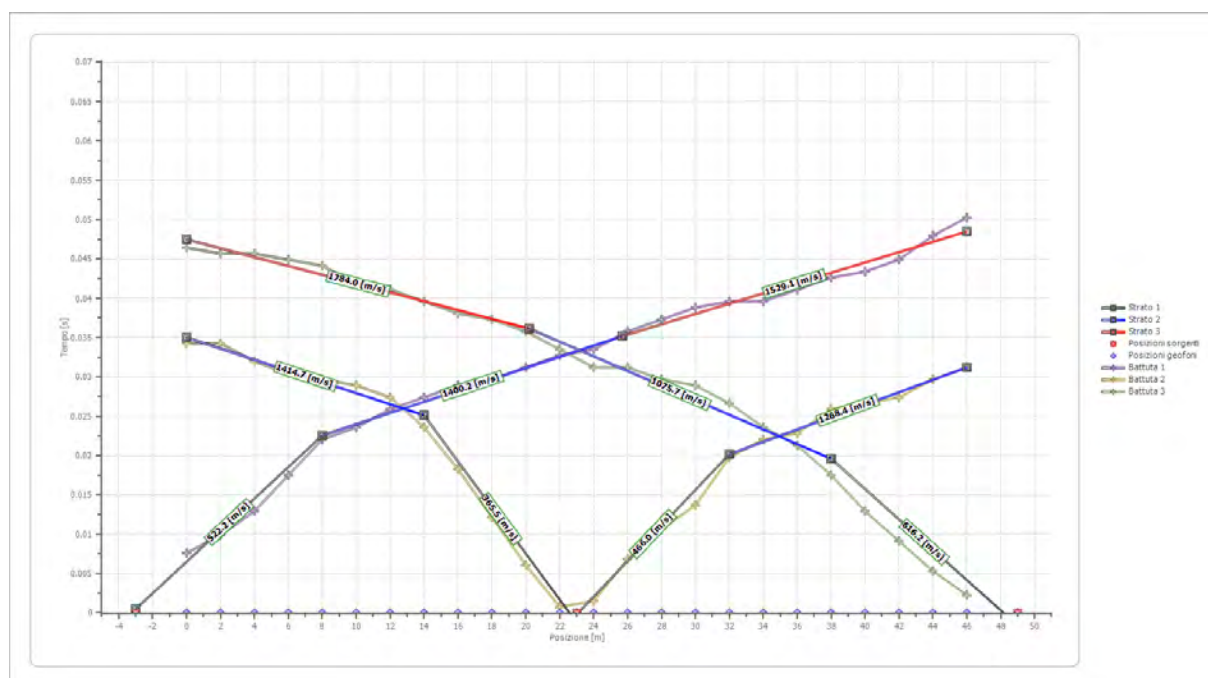
Battuta 3

Posizione sorgente X 49 [m]

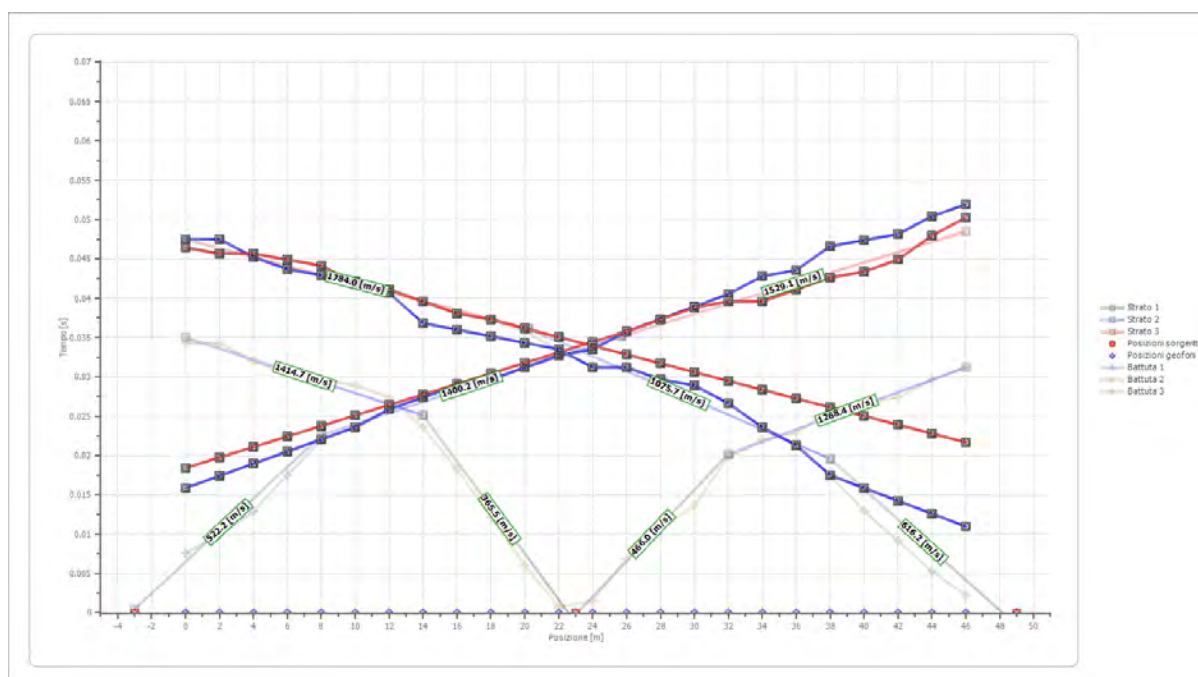
Posizione sorgente Z 0 [m]

Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	46.4354
2.0	45.6742
4.0	45.6742
6.0	44.9129
8.0	44.1517
10.0	41.8680
12.0	41.1067
14.0	39.5843
16.0	38.0618
18.0	37.3006
20.0	35.7781
22.0	33.4944
24.0	31.2107
26.0	31.2107
28.0	29.6882
30.0	28.9270
32.0	26.6433
34.0	23.5983
36.0	21.3146
38.0	17.5084
40.0	12.9410
42.0	9.1348
44.0	5.3287
46.0	2.2837

Dromocrone



Dromocrone traslate



Interpretazione col metodo G.R.M.

XY: 0

	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
G= 0.0 [m]	2.9	6.8	--
G= 2.0 [m]	3.3	6.1	--
G= 4.0 [m]	3.1	8.0	--
G= 6.0 [m]	3.1	8.6	--
G= 8.0 [m]	3.3	8.5	--
G= 10.0 [m]	3.6	7.0	--
G= 12.0 [m]	3.8	7.0	--
G= 14.0 [m]	3.1	8.6	--
G= 16.0 [m]	3.3	7.9	--
G= 18.0 [m]	3.3	8.5	--
G= 20.0 [m]	3.5	8.2	--
G= 22.0 [m]	3.7	7.9	--
G= 24.0 [m]	3.3	9.3	--
G= 26.0 [m]	3.9	7.7	--
G= 28.0 [m]	3.9	8.1	--
G= 30.0 [m]	4.1	7.9	--
G= 32.0 [m]	3.9	8.1	--
G= 34.0 [m]	3.7	7.5	--
G= 36.0 [m]	3.3	9.1	--
G= 38.0 [m]	3.1	10.1	--
G= 40.0 [m]	2.9	10.4	--
G= 42.0 [m]	2.6	11.4	--
G= 44.0 [m]	2.8	12.9	--
G= 46.0 [m]	2.8	14.1	--
Velocità [m/sec]	492.5	1270.3	1651.0
Descrizione			

Altri parametri geotecnici

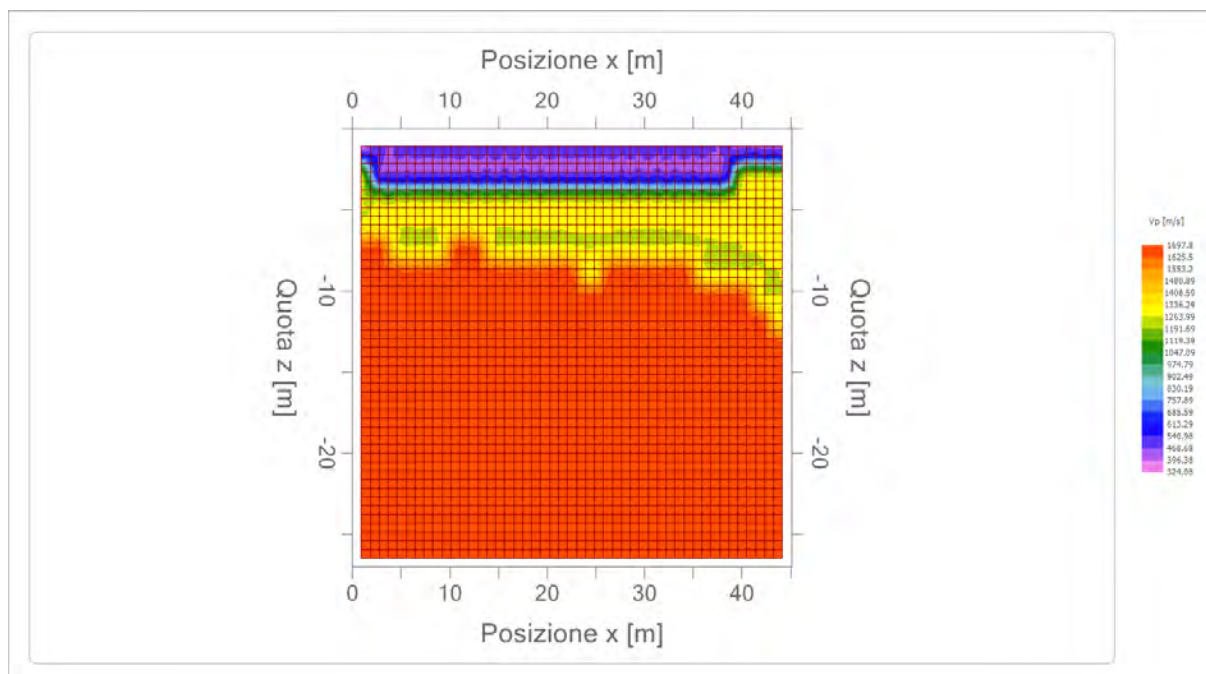
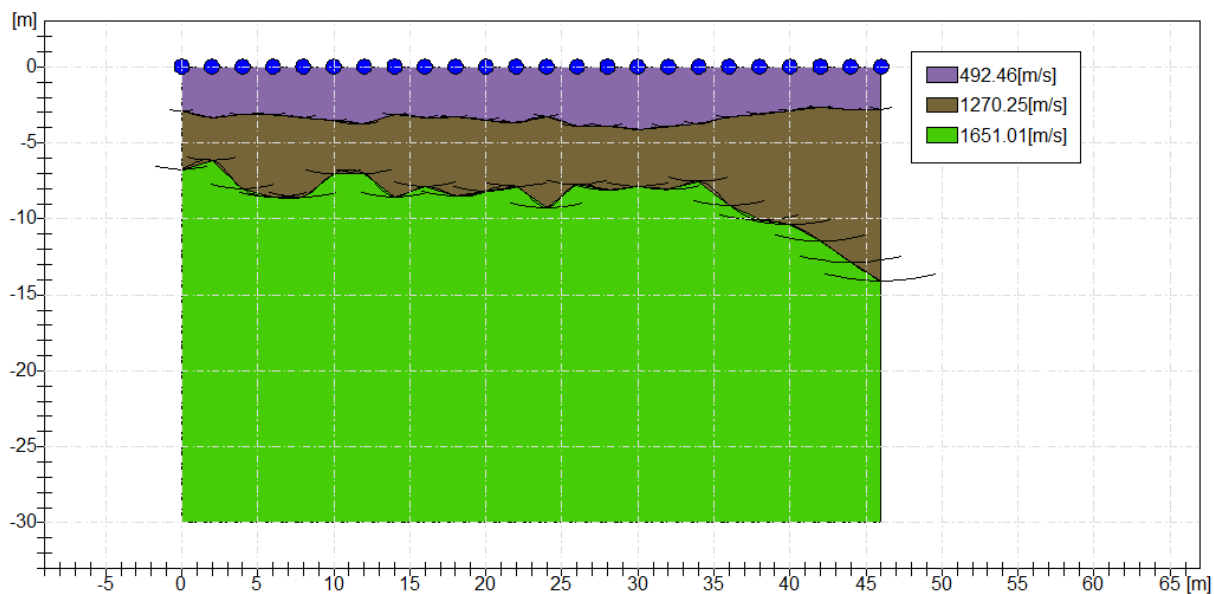
	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
Coefficiente Poisson	0.35	0.35	0.35
Densità [kg/m³]	1800.00	1800.00	1800.00
Vp [m/s]	492.46	1270.25	1651.01
Vs [m/s]	236.57	610.21	793.12
G0 [MPa]	100.74	670.24	1132.27
Ed [Mpa]	436.53	2904.38	4906.52
M0 [MPa]	335.79	2234.14	3774.25
Ey [Mpa]	271.99	1809.65	3057.14

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;



Easy MASW

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,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

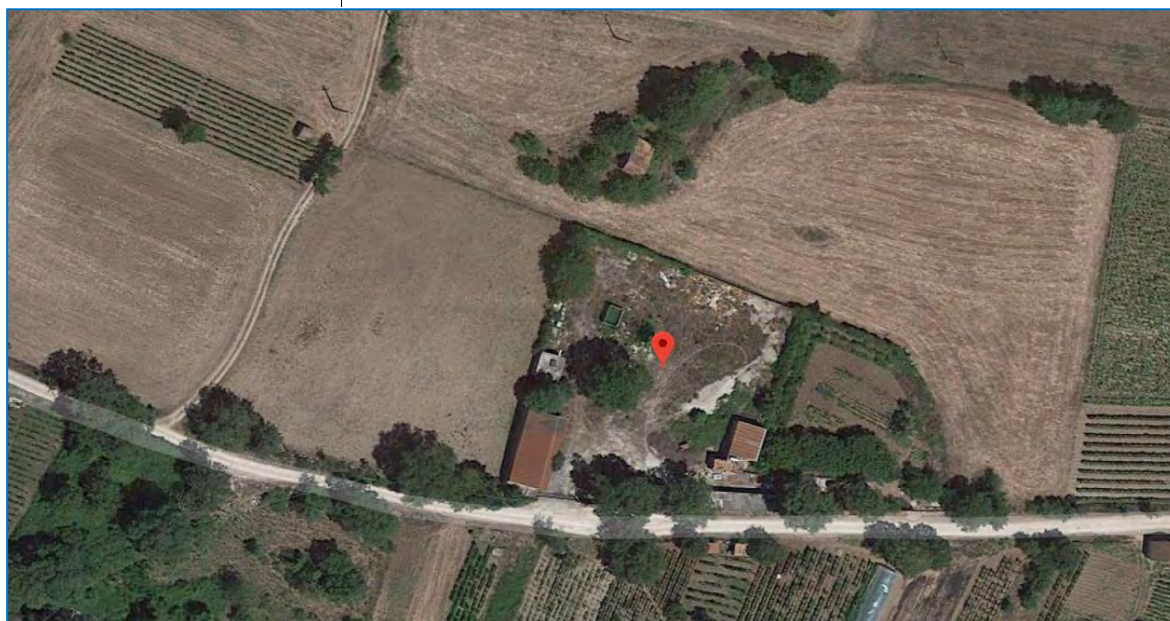
Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle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

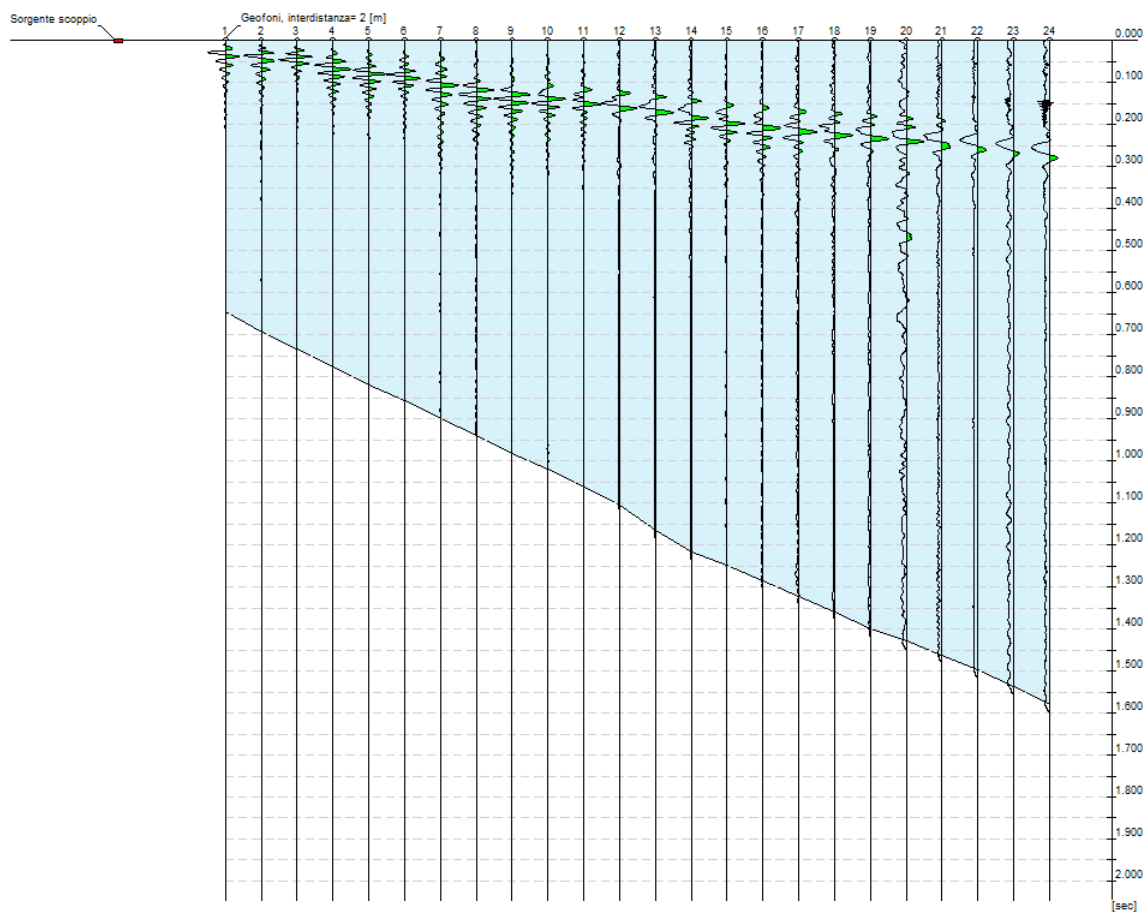
Dati generali

Committente	Comune di San Gregorio Magno
Località	San Gregorio Magno-Piè delle Vigne
Operatore	Dott. Geol. Angelo Nicola Giuliano
Responsabile	Dott. Geol. Francesco Di Gruccio
Data	11/12/2019 12:13
Latitudine	40.6526
Longitudine	15.4200



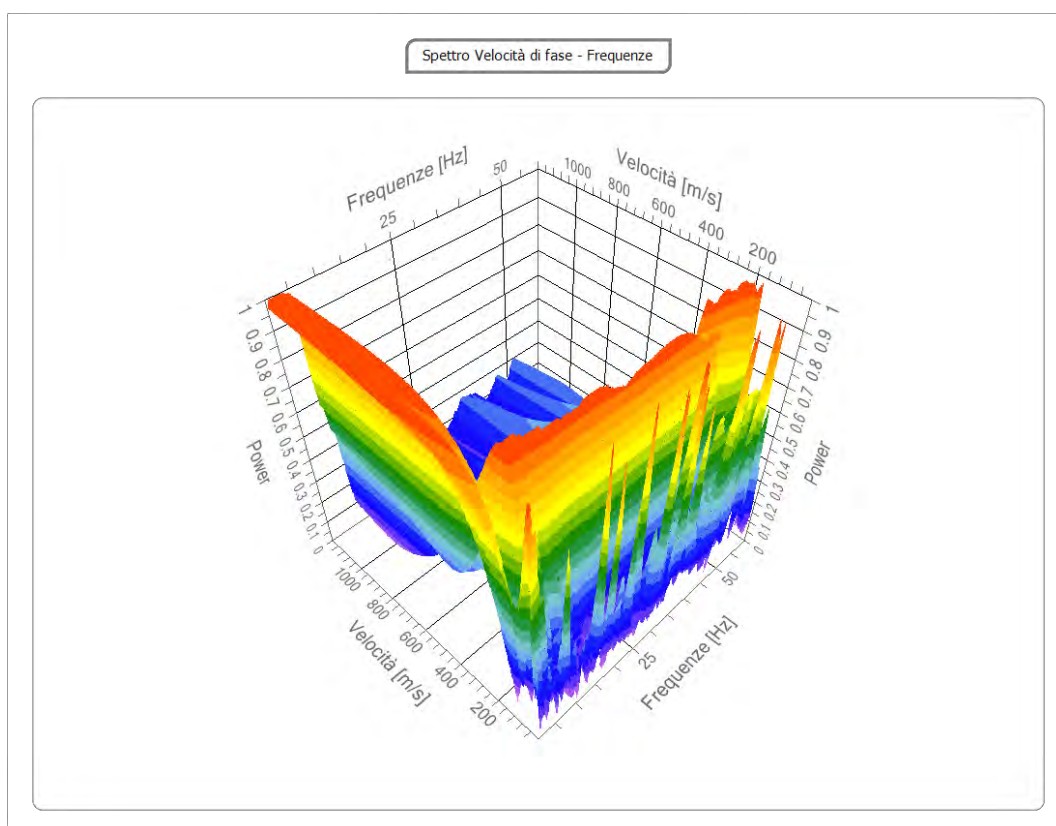
Tracce

N. tracce	24
Durata acquisizione [msec]	2048.0
Interdistanza geofoni [m]	2.0
Periodo di campionamento [msec]	1.00



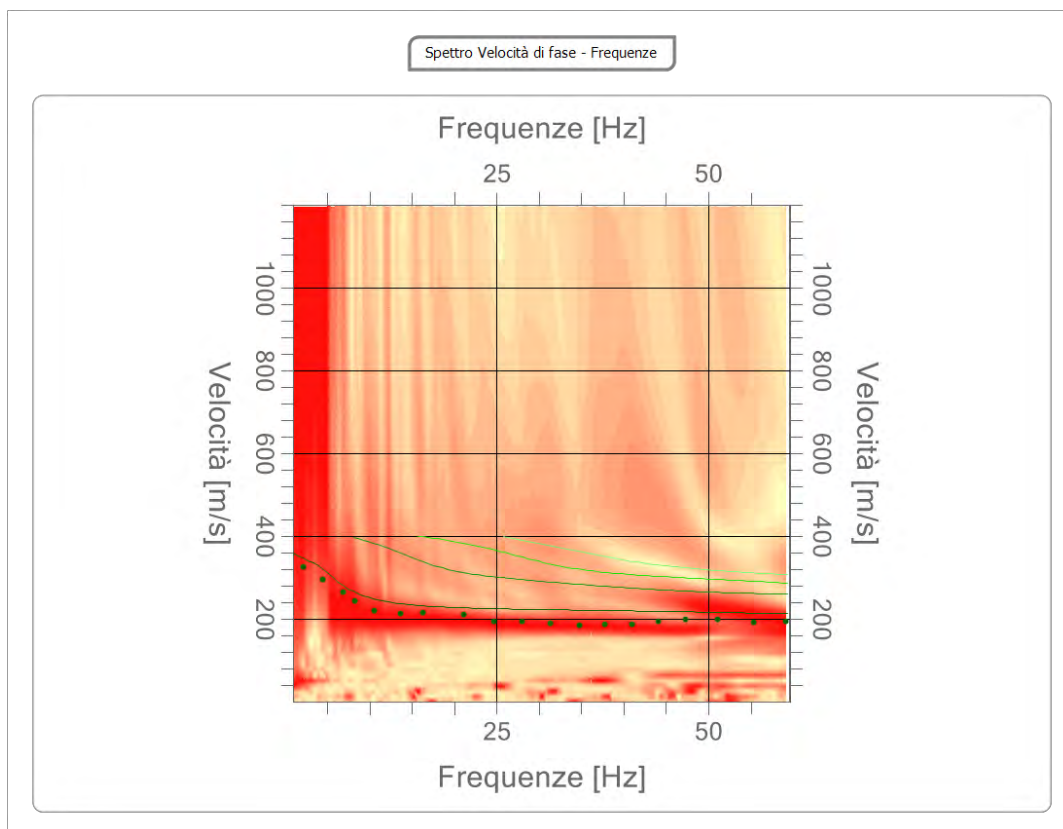
Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	60
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	1200
Intervallo velocità [m/sec]	1



Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	2.2	327.1	0
2	4.5	295.2	0
3	6.9	265.8	0
4	8.2	243.7	0
5	10.5	221.7	0
6	13.6	214.3	0
7	16.2	216.8	0
8	21.1	211.9	0
9	24.7	194.7	0
10	28.0	194.7	0
11	31.4	189.8	0
12	34.7	184.9	0
13	37.7	187.3	0
14	41.0	187.3	0
15	44.1	194.7	0
16	47.3	199.6	0
17	51.1	199.6	0
18	55.4	192.3	0
19	59.1	194.7	0



Inversione

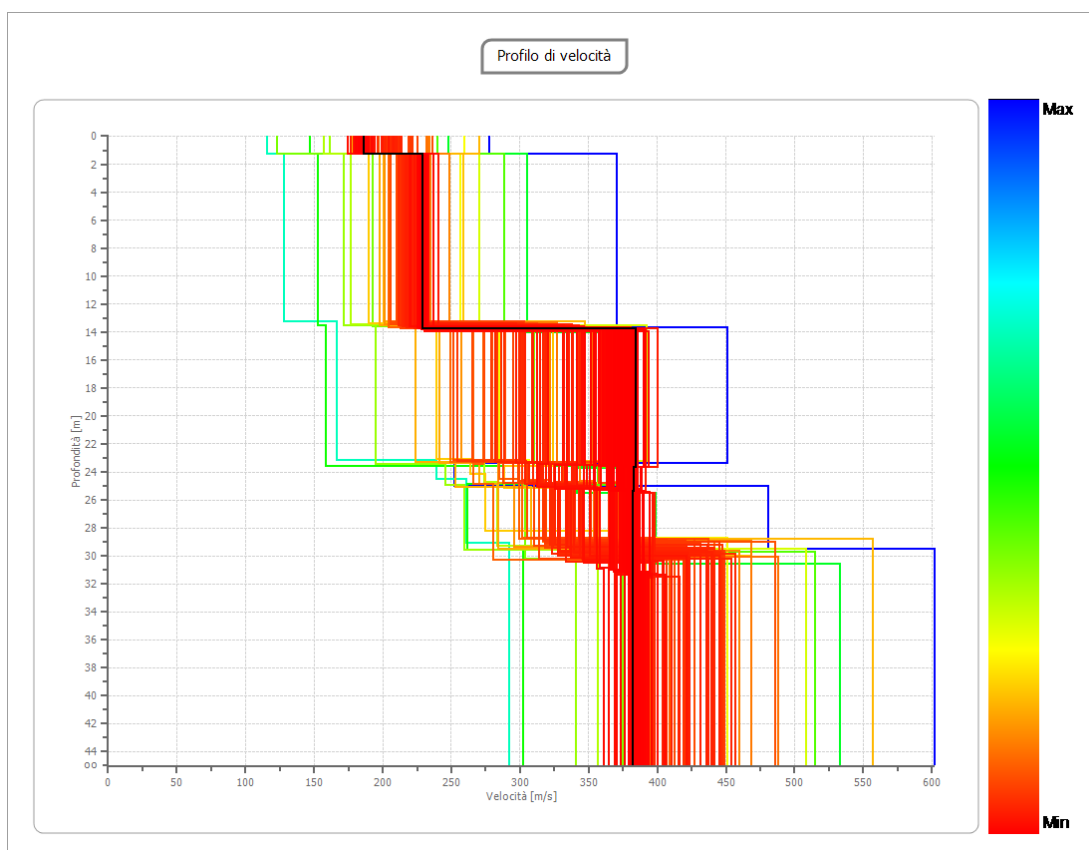
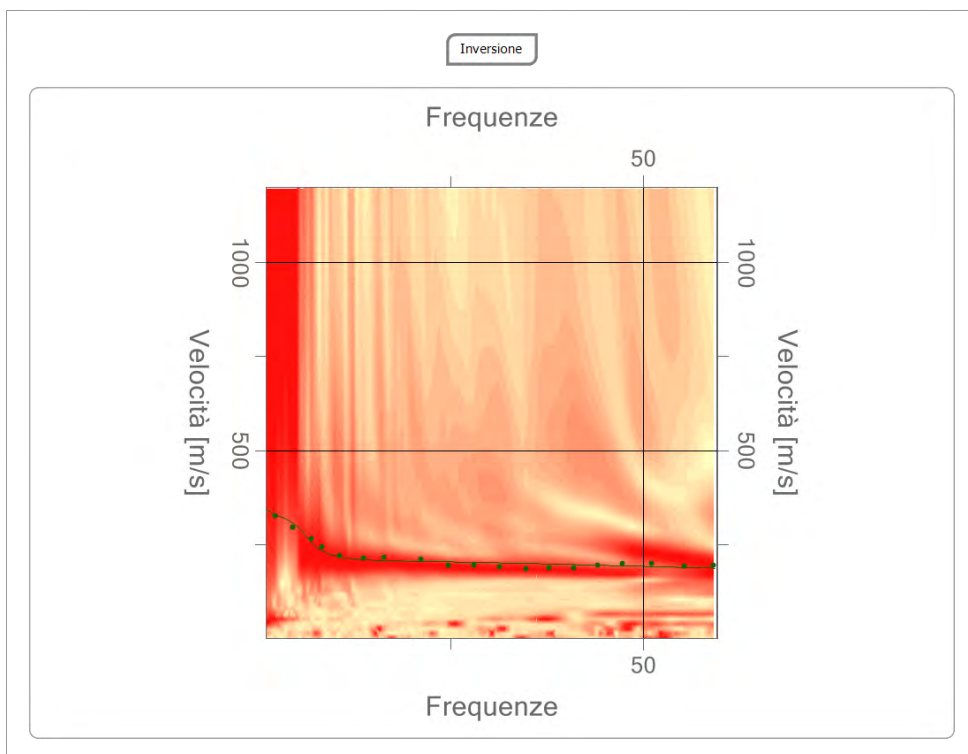
n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		1.30	1.30	1800.0	0.3	No	347.7	185.8
2		13.77	12.47	1800.0	0.3	Si	427.9	228.7
3		23.67	9.90	1800.0	0.3	Si	719.5	384.6
4		25.39	1.72	1800.0	0.3	Si	716.4	382.9
5		31.34	5.94	1800.0	0.3	Si	624.5	382.4
6		oo	oo	1800.0	0.3	Si	714.8	382.1

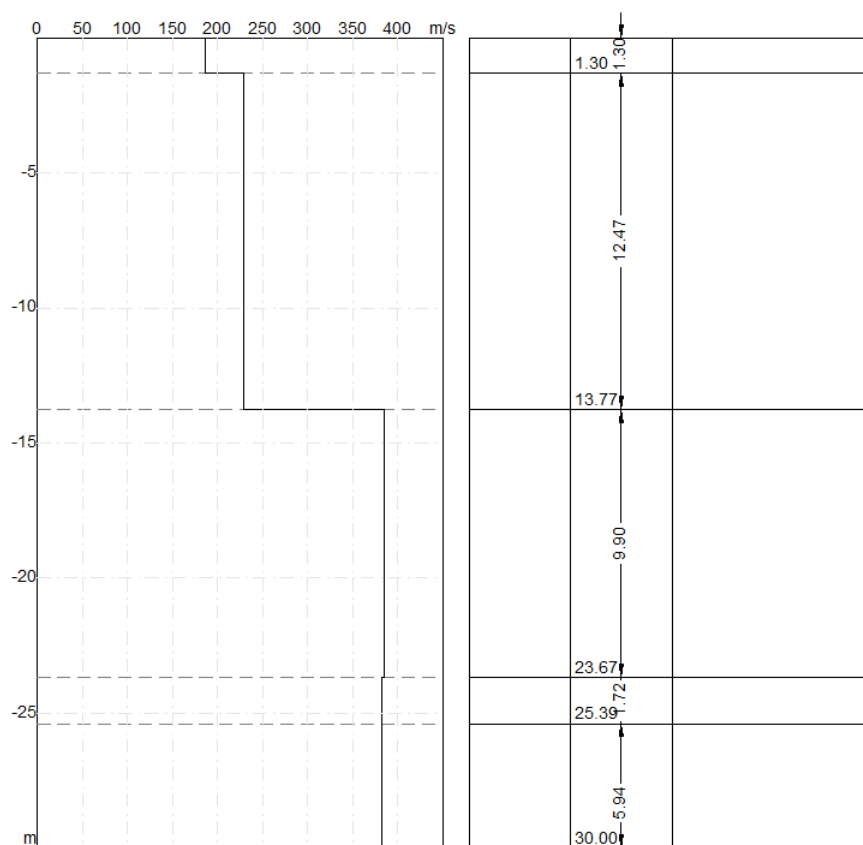
Percentuale di errore

0.147 %

Fattore di disadattamento della soluzione

0.041





Risultati

Profondità piano di posa [m]	1.00
Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)	293.52
Categoria del suolo	C

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.

Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kN/mc]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]
1	1.30	1.30	185.84	347.68	17,05	0.30	62.17	217.59	134.70	161.64
2	13.77	12.47	228.73	427.91	17,74	0.30	94.17	329.59	204.03	244.84
3	23.67	9.90	384.57	719.47	19,58	0.30	266.21	931.75	576.80	692.16
4	25.39	1.72	382.95	716.43	19,56	0.30	263.97	923.90	571.94	686.32
5	31.34	5.94	382.40	624.46	19,06	0.30	263.22	701.91	350.95	631.72
6	oo	oo	382.10	714.85	19,55	0.30	262.80	919.81	569.41	683.29

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

Le presenti correlazioni sono basate su formule e teorie accreditate in letteratura scientifica e devono sempre essere suffragate da prove di laboratorio.

STRATO	G (Mpa)	$N_{60}=(G/15,56)\exp(1/2)$		$Dr=100*(N60/60)^{1/2}$
1	62,17	7,67		35,75
2	94,17	14,12		48,51
3	266,21	65,10		104,16
4	263,97	64,29		103,51
5	263,22	64,02		103,30
6	262,8	63,87		103,18

STRATO	Vp (m/s)	Densità geofisica= $0,51 * Vp^{0,19}_{m/sec}$	γ (kN/mc)	ϕ =(in gradi)
1	347,68	1,5502	17,0525	21
2	427,91	1,6126	17,7386	23
3	719,47	1,7799	19,5792	23
4	716,43	1,7785	19,5635	26
5	624,46	1,7327	19,0594	27
6	714,85	1,7778	19,5553	28

z (m)	Vs (m/s)	Vp (m/s)	Pesi di volume (Keceli) (kN/mc)
1,3	185,84	347,68	15,87644469
12,47	228,73	427,91	16,72242428
9,9	384,57	719,47	19,04198883
1,72	382,95	716,43	19,0219035
5,94	382,4	624,46	19,01506991

Calcolo coesione non drenata (Oh e altri) (kPa)	Coesione drenata (kPa)
64,00760456	25,60304183
80,31558935	32,12623574
139,5703422	55,82813688
138,9543726	55,58174905
138,7452471	55,49809886

qult (kN/mq)	qamm per VS<400 m/s (kN/mq)
175,6050	84,3974
289,0536	109,4105
1.005,8746	209,4712
995,7352	208,3688
992,3064	207,9948

Modulo di reazione di Winkler (kN/mc)	Rapporto Vp/Vs
6.980,2999	1,870856651
11.489,8807	1,870808377
39.983,5153	1,870842759
39.580,4736	1,870818645
39.444,1798	1,633002092

CARATTERIZZAZIONE SISMICA

L'NTC 2018 del 17 gennaio 2018, recante “Norme Tecniche per le Costruzioni” raccoglie in forma unitaria le norme che disciplinano la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle costruzioni al fine di garantire, per stabiliti livelli sicurezza, la pubblica incolumità. Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

Per la definizione dell'azione sismica di un sito vengono utilizzate al meglio le possibilità offerte dalla definizione della pericolosità sismica italiana, recentemente prodotta e messa in rete dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV).

L'azione sismica è ora valutata in condizioni *free field* su sito di riferimento rigido a superficie orizzontale, riferendosi non ad una zona sismica territorialmente coincidente con più entità amministrative, ad un'unica forma spettrale e ad un periodo di ritorno prefissato ed uguale per tutte le costruzioni, come avveniva in precedenza, bensì sito per sito e costruzione per costruzione.

La pericolosità sismica di un sito è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo, in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato. Nelle NTC, tale lasso di tempo, espresso in anni, è denominato “periodo di riferimento” VR e la probabilità è denominata “probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento” P_{VR} .

Ai fini della determinazione delle azioni sismiche di progetto nei modi previsti dalle NTC, la pericolosità sismica del territorio nazionale è definita convenzionalmente facendo riferimento ad un sito rigido (di categoria A) con superficie topografica orizzontale (di categoria T1), in condizioni *free field*, cioè in assenza di manufatti.

La caratterizzazione sismica del sottosuolo, eseguita attraverso l'indagine sismica di tipo MASW, consente di definire il sito d'intervento, così come riportato di seguito:

COORDINATE DEL SITO: (WGS84 UTM)

Latitudine 40.652601[°]

Longitudine 15.420013[°]

LITOLOGIA PREVALENTE: **Depositi eluvio-colluviali**

ZONA SISMICA: 1

CLASSE D'USO: 4

COEFFICIENTE D'USO:

VITA NOMINALE: **≥50 ANNI**

CATEGORIA TOPOGRAFICA: **T1**

PERIODO DI RIFERIMENTO: **≥100 ANNI**

Risultati

Profondità piano di posa [m] 1.00

Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m) 293.52

Categoria del suolo C

CATEGORIA DI SOTTOSUOLO: C

CALCOLO DEI COEFFICIENTI SISMICI: FONDAZIONI E STABILITÀ DEI PENDII

Ai fini della suddetta normativa le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- ag accelerazione orizzontale massima al sito;
- Fo valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.
- Tc* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

VITA NOMINALE, CLASSI D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO

VITA NOMINALE

La vita nominale di un'opera strutturale VN è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata.

La vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata nella Tab. 2.4.I e deve essere precisata nei documenti di progetto.

Tabella 2.4.I – Vita nominale V_N per diversi tipi di opere

	TIPI DI COSTRUZIONE	Vita Nominale V_N (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva (1)	≥ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

(1) Le verifiche sismiche di opere provvisorie o strutture in fase costruttiva possono omettersi quando le relative durate previste in progetto siano inferiori a 2 anni.

CLASSI D'USO

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

Classe I:	Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
Classe II:	Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV , reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
Classe III:	Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV . Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
Classe IV:	Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale N per il coefficiente d'uso C_U :

$$V_R = N \times C_U$$

Il valore del coefficiente d'uso C_U è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato in Tab. 2.4.II.

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso C_U

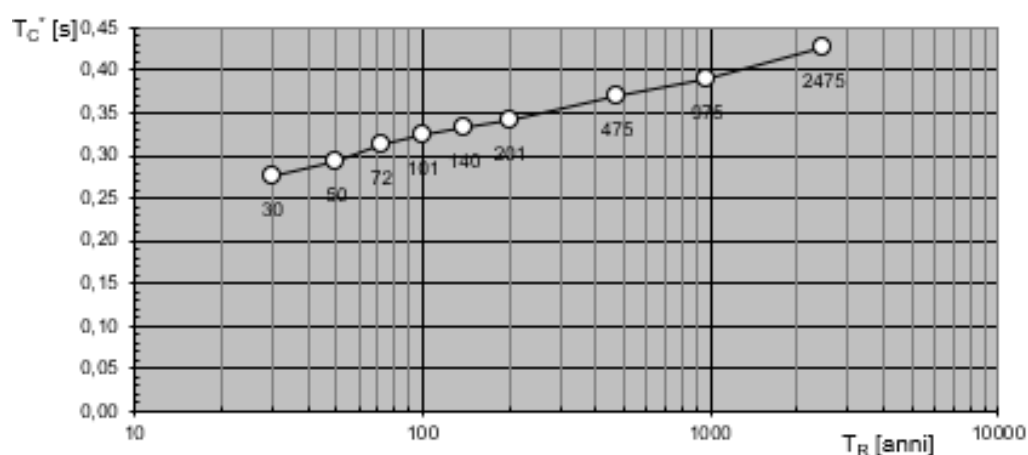
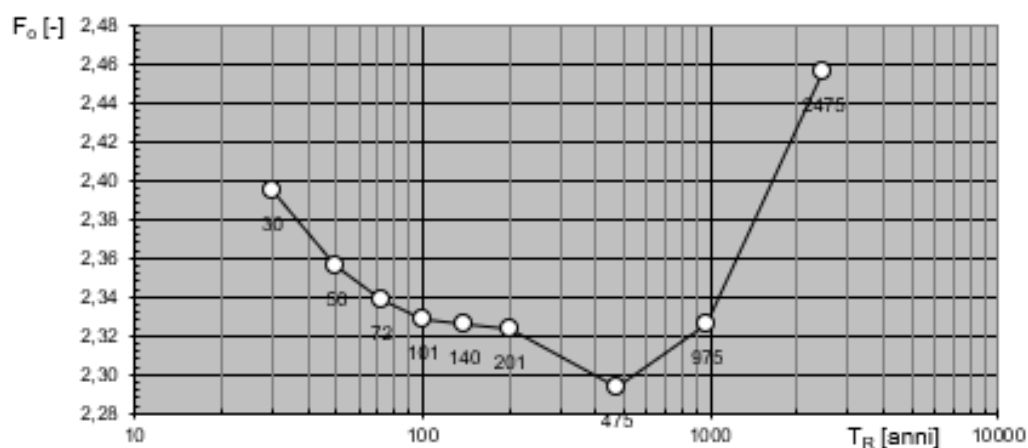
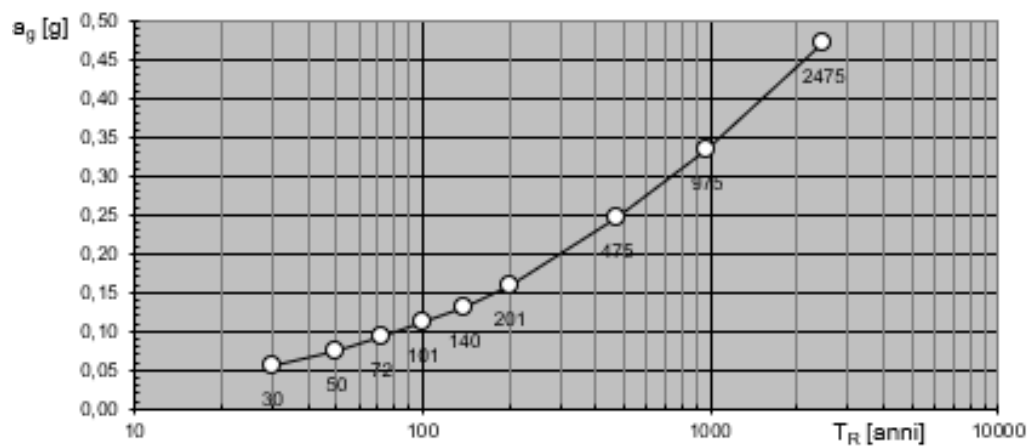
CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Se $V_R \leq 35$ anni si pone comunque $V_R = 35$ anni.

PARAMETRI SISMICI

Per il sito d'intervento, avendo considerato un periodo di riferimento V_R pari a ≥ 50 anni, vengono forniti i valori di a_g , F_0 e T_c^* necessari per la determinazione delle azioni sismiche:

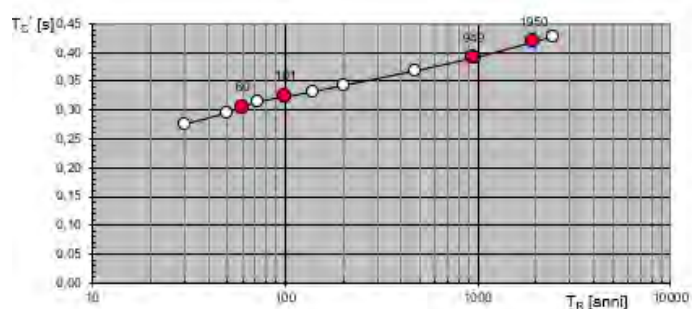
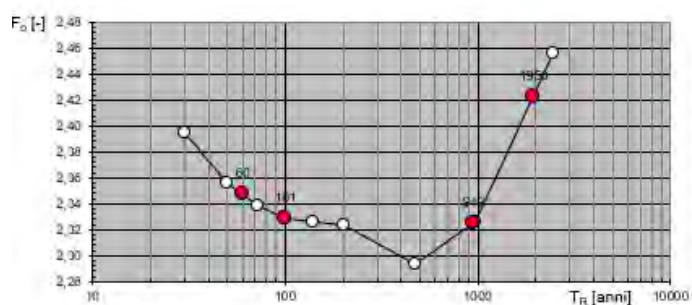
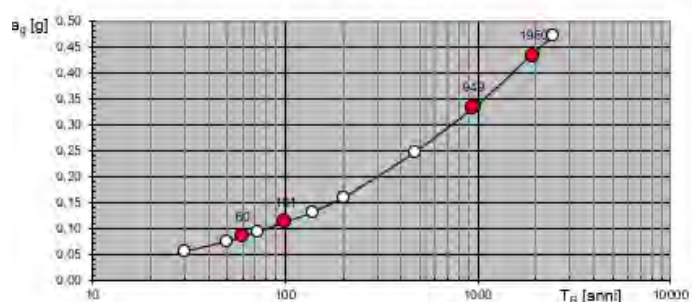
Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* : variabilità col periodo di ritorno T_R



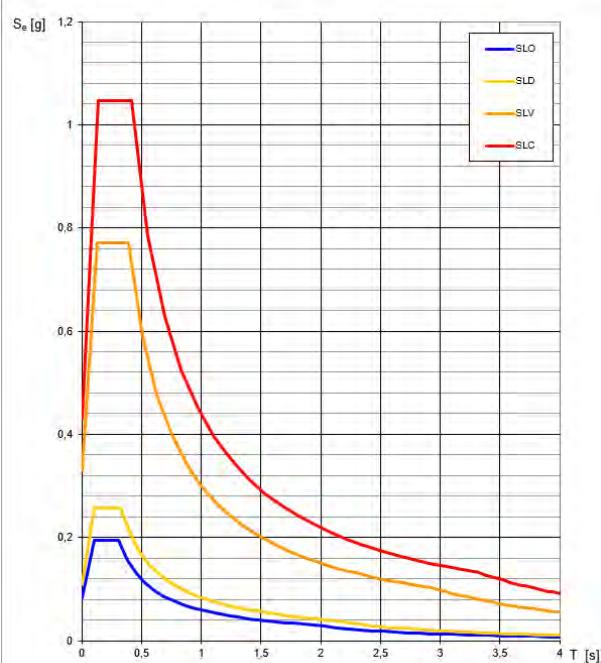
Valori dei parametri a_g , F_o , T_C per i periodi di ritorno T_R di riferimento

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C [s]
30	0,056	2,395	0,276
50	0,075	2,357	0,294
72	0,092	2,339	0,314
101	0,111	2,329	0,324
140	0,132	2,326	0,333
201	0,159	2,323	0,343
475	0,246	2,293	0,369
975	0,335	2,326	0,390
2475	0,471	2,457	0,428

Valori di progetto dei parametri a_g , F_o , T_C in funzione del periodo di ritorno T_R



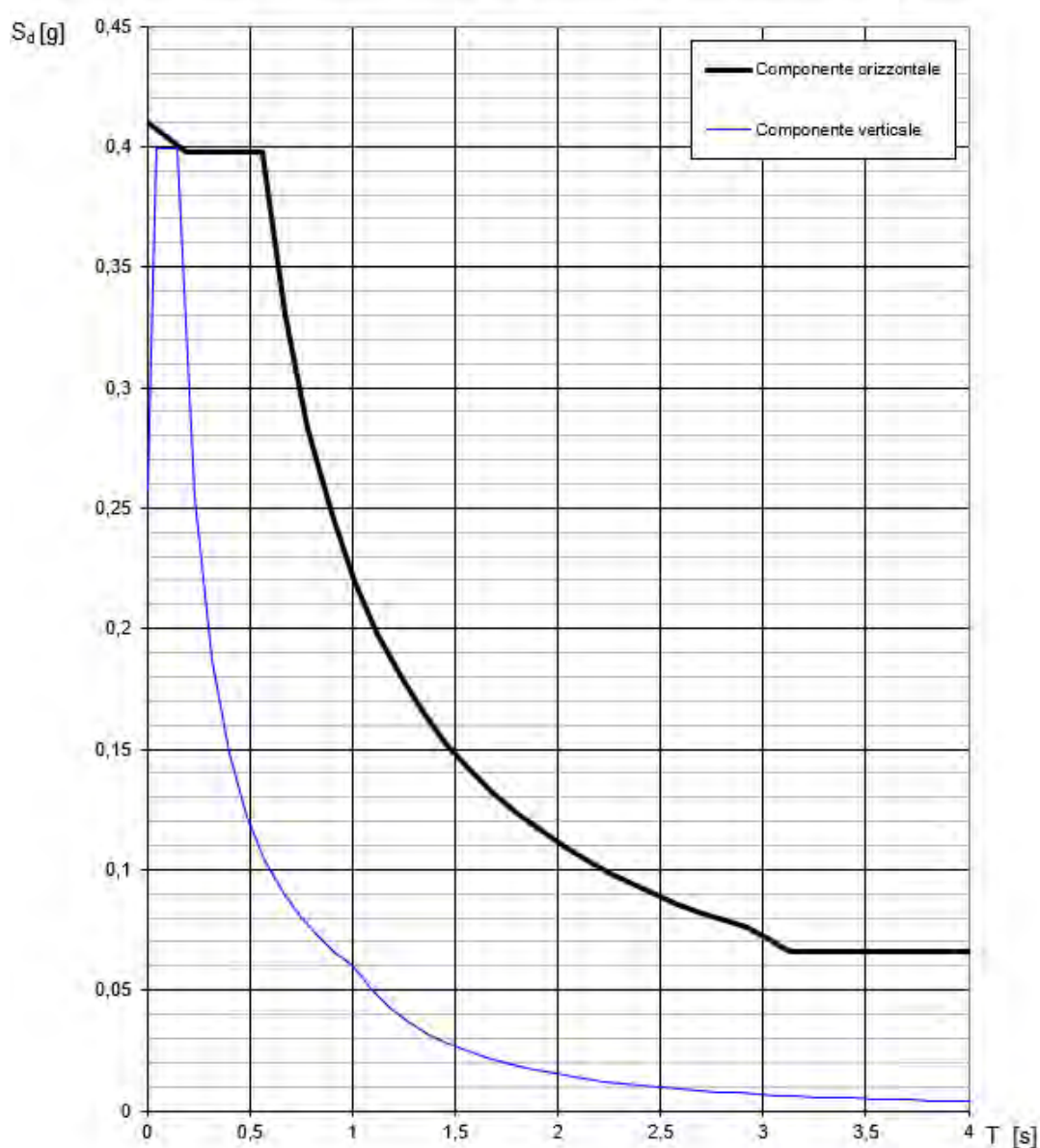
Spettri di risposta elastica per i diversi Stati Limite



Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	60	0,083	2,348	0,304
SLD	101	0,110	2,329	0,324
SLV	949	0,331	2,325	0,390
SLC	1950	0,432	2,422	0,418

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV



Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite:SLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0,331 g
F_a	2,325
T_c	0,390 s
S_s	1,238
C_c	1,433
S_T	1,000
q	2,400

Parametri dipendenti

S	1,238
η	0,417
T_B	0,186 s
T_C	0,558 s
T_D	2,926 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10 \cdot (S + 2)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_c / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_c \cdot T_B^2 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_a \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_a} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_a$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_a \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_a \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	$T [s]$	$S_e [g]$
	0,000	0,410
$T_B \leftarrow$	0,186	0,397
$T_C \leftarrow$	0,558	0,397
	0,671	0,331
	0,784	0,283
	0,897	0,248
	1,009	0,220
	1,122	0,198
	1,235	0,180
	1,348	0,165
	1,460	0,152
	1,573	0,141
	1,686	0,132
	1,799	0,123
	1,911	0,116
	2,024	0,110
	2,137	0,104
	2,249	0,099
	2,362	0,094
	2,475	0,090
	2,588	0,086
	2,700	0,082
	2,813	0,079
$T_D \leftarrow$	2,926	0,076
	2,977	0,073
	3,028	0,071
	3,079	0,068
	3,131	0,066
	3,182	0,066
	3,233	0,066
	3,284	0,066
	3,335	0,066
	3,386	0,066
	3,437	0,066
	3,489	0,066
	3,540	0,066
	3,591	0,066
	3,642	0,066
	3,693	0,066
	3,744	0,066
	3,795	0,066
	3,847	0,066
	3,898	0,066
	3,949	0,066
	4,000	0,066

Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite SLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_{gv}	0,258 g
S_S	1,000
S_T	1,000
q	1,500
T_B	0,050 s
T_C	0,150 s
T_D	1,000 s

Parametri dipendenti

F_v	1,807
S	1,000
η	0,667

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{g} \right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

$$\begin{array}{ll}
 0 \leq T < T_B & S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\
 T_B \leq T < T_C & S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \\
 T_C \leq T < T_D & S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right) \\
 T_D \leq T & S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)
 \end{array}$$

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,258
T_B	0,050	0,399
T_C	0,150	0,399
	0,235	0,255
	0,320	0,187
	0,405	0,148
	0,490	0,122
	0,575	0,104
	0,660	0,091
	0,745	0,080
	0,830	0,072
	0,915	0,065
T_D	1,000	0,060
	1,094	0,050
	1,188	0,042
	1,281	0,036
	1,375	0,032
	1,469	0,028
	1,563	0,025
	1,656	0,022
	1,750	0,020
	1,844	0,018
	1,938	0,016
	2,031	0,015
	2,125	0,013
	2,219	0,012
	2,313	0,011
	2,406	0,010
	2,500	0,010
	2,594	0,009
	2,688	0,008
	2,781	0,008
	2,875	0,007
	2,969	0,007
	3,063	0,006
	3,156	0,006
	3,250	0,006
	3,344	0,005
	3,438	0,005
	3,531	0,005
	3,625	0,005
	3,719	0,004
	3,813	0,004
	3,906	0,004
	4,000	0,004

Per il calcolo dell'accelerazione massima attesa al sito si fa riferimento alla seguente formula (NTC cap. 7.11.3) riferita allo Stato Limite SLV

$$a_{gmax} = S_s * S_t * a_g$$

$$S_s = 1,238$$

$$S_t = 1,000$$

$$a_g = 0,331$$

$$a_{gmax} = 0,409778$$

a_{gmax} è pertanto pari a 0,409778

L'analisi delle condizioni di stabilità dei pendii in condizioni sismiche può essere eseguita mediante metodi pseudostatici, metodi degli spostamenti e metodi di analisi dinamica.

Nelle analisi, si deve tenere conto dei comportamenti di tipo fragile, che si manifestano nei terreni a grana fina sovraconsolidati e nei terreni a grana grossa addensati con una riduzione della resistenza al taglio al crescere delle deformazioni. Inoltre, si deve tener conto dei possibili incrementi di pressione interstiziale indotti in condizioni sismiche nei terreni saturi. Nei metodi pseudo statici l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, costante nello spazio e nel tempo, proporzionale al peso W del volume di terreno potenzialmente instabile. Tale forza dipende dalle caratteristiche del moto sismico atteso nel volume di terreno potenzialmente instabile e dalla capacità di tale volume di subire spostamenti senza significative riduzioni di resistenza. Nelle verifiche allo stato limite ultimo, in mancanza di studi specifici, le componenti orizzontale e verticale di tale forza possono esprimersi come $F_h = k_h \cdot W$ ed $F_v = k_v \cdot W$, con k_h e k_v rispettivamente pari ai coefficienti sismici orizzontale e verticale:

$$k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{max}}{g}$$

$$k_v = \pm 0,5 \cdot k_h.$$

dove

β_s = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

a_{max} = accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g = accelerazione di gravità.

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale, l'accelerazione massima attesa al sito può essere valutata con la relazione

Quindi

$K_h = 0,11696008154943934760448521916412$ (coeff. azione sismica orizzontale)

$K_v = 0,05848004077471967380224260958206$ (coeff. azione sismica verticale)

Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_g(g) \leq 0,1$	0,20	0,20

Il calcolo dello spostamento del terreno

La formula utilizzata è la seguente:

$$d_g = 0,025 \cdot S \cdot T_C \cdot T_D \cdot a_g$$

$$d_g = 0,025 \cdot 1,238 \cdot 0,558 \cdot 2,926 \cdot 0,331 = \mathbf{0,0167261954706 \text{ m}}$$

Il calcolo della velocità del terreno

La formula utilizzata è la seguente:

$$v_g = 0,16 \cdot S \cdot T_C \cdot a_g$$

$$v_g = 0,16 \cdot 1,238 \cdot 0,558 \cdot 0,331 = \mathbf{0,03658497984 \text{ m/s}}$$

Collasso per slittamento

In conformità con i criteri di progetto allo SLU, la stabilità della fondazione deve essere verificata rispetto al collasso per slittamento, oltre a quello per rottura generale. Rispetto al collasso per slittamento la resistenza viene valutata come somma di una componente dovuta all'adesione e una dovuta all'attrito fondazione-terreno; la resistenza laterale derivante dalla spinta passiva del terreno può essere messa in conto secondo una percentuale indicata dal professionista. La formula specifica per il calcolo della resistenza per attrito di calcolo è:

$$F_{RD} = N_{SD} \cdot \tan \phi + c' \cdot A$$

Nella quale N_{SD} è il valore di calcolo della forza verticale, δ è l'angolo di resistenza al taglio alla base della trave rovescia, c' è l'adesione fondazione-terreno e A' è l'area della fondazione efficace intesa in caso di carichi eccentrici, ridotta al centro della quale è applicata la risultante.

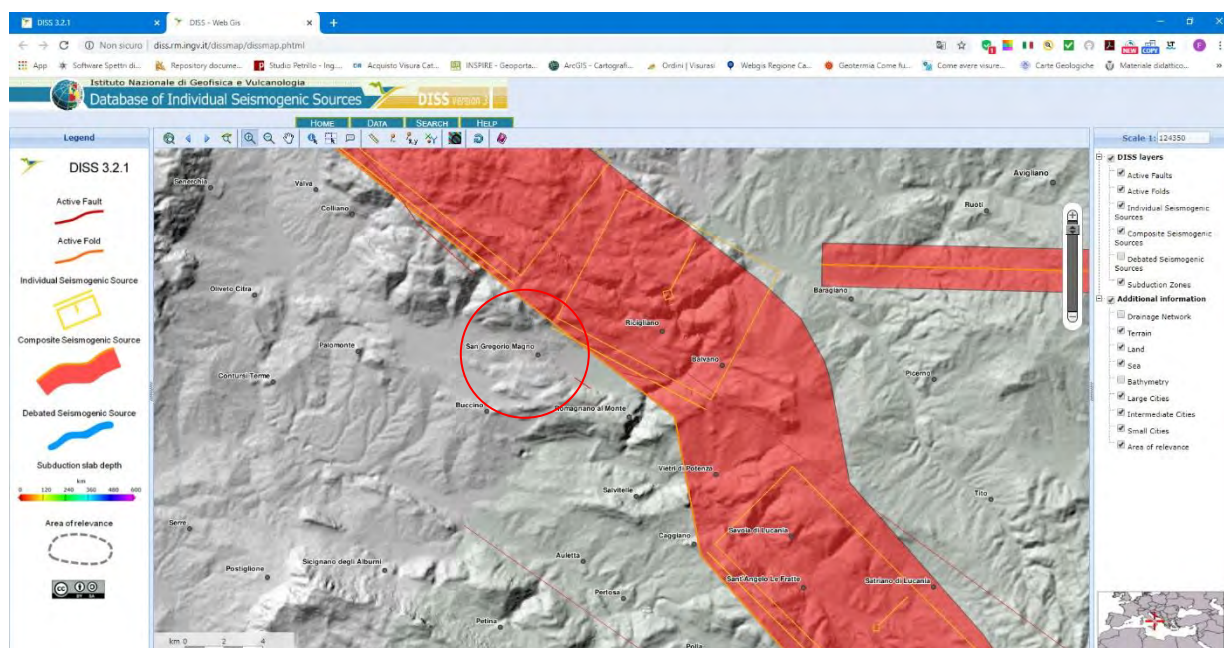
Poiché non è noto con precisione il valore della forza verticale N_{SD} , si rimanda al progettista la verifica di stabilità globale utilizzando l'approccio 1 combinazione 2 ($A2+M2+R2$) e la verifica per scorrimento sul piano di posa utilizzando la combinazione ($A1+M1+R3$) definita nelle nuove NTC 2018.

La resistenza laterale di calcolo derivante dalla spinta del terreno sulla faccia laterale del plinto, può essere tenuta in conto a condizione che vengano presi adeguati provvedimenti in sito, quali la compattazione del terreno di riporto ai lati della trave rovescia, l'infissione di un muro verticale di fondazione nel terreno, o il getto del calcestruzzo armato del plinto direttamente a contatto con una parte di scavo netta e verticale.

Per la **verifica di sicurezza contro il collasso per slittamento su una base orizzontale**, deve essere soddisfatta la disuguaglianza seguente: **$V_{sd} < F_{rd} + E_{pd}$** , nella quale V_{sd} è il valore di calcolo della forza orizzontale.

RISCHIO SISMICO NEL DISS (DATABASE OF INDIVIDUAL SEISMOGENIC SOURCES)-INGV

Il DISS fornisce un'istantanea della presenza di faglie considerate attive allo stato attuale nell'area di interesse. Dalla scheda notiamo immediatamente che la sorgente sismogenetica che passa ad Est dell'area di studio è la Irpinia-Agry-Valley che ha una magnitudo massima di 6,8, pertanto il Rischio Sismico associato alla stessa è da considerarsi come alto o molto alto.



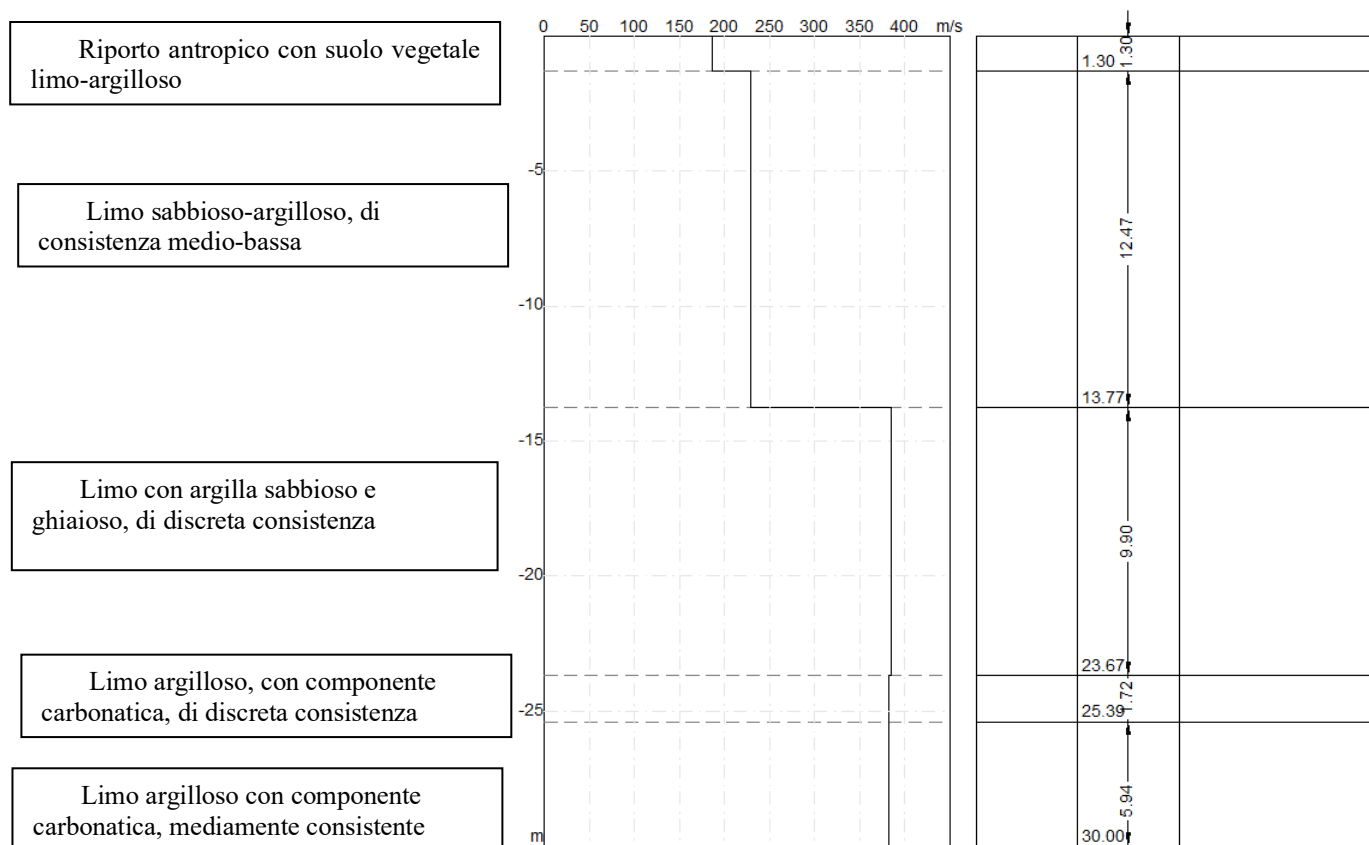
DISS 3.1.1: Seismogenic Source ITCS034 - Irpinia-Agri Valley				
Source Info Summary		Commentary	References	Pictures
General information				
Code	ITCS034			
Name	Irpinia-Agri Valley			
Compiled By	Fracassi, U.			
Latest Update	20/05/2010			
Parametric information				
	Parameter	Qual.	Evidence	
Min Depth (km)	1	LD	Based on geological and seismological data from various authors.	
Max Depth (km)	14	LD	Based on geological and seismological data from various authors.	
Strike (deg)	300 - 320	LD	Based on geological and seismological data from various authors.	
Dip (deg)	50 - 70	LD	Based on geological and seismological data from various authors.	
Rake (deg)	260 - 280	LD	Based on geological and seismological data from various authors.	
Slip Rate (mm/y)	0.1 - 1	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.	
Max Magnitude (Mw)	6.8	OD	Derived from maximum magnitude of associated individual source(s).	
Q-keys: LD = Literature Data; OD = Original Data; ER = Empirical Relationship; AR = Analytical Relationship; EJ = Expert Judgement				
Associated Active Faults or Folds				
#	Type	Name	Reference	
21	Fault	Mandranello-Mandrano	Maschio et al. [2005]	
22	Fault	Campolongo	Maschio et al. [2005]	
23	Fault	Zi Gregorio	Maschio et al. [2005]	
24	Fault	Magorno	Maschio et al. [2005]	
25	Fault	Tramutola	Maschio et al. [2005]	
26	Fault	Mt. Aquila	Maschio et al. [2005]	
71	Fault	Irpinia 1	Pantosti & Valensise [1990]	
72	Fault	Irpinia 2	Pantosti & Valensise [1990]	
73	Fault	Irpinia 3	Pantosti & Valensise [1990]	
74	Fault	Irpinia 4	Pantosti & Valensise [1990]	
75	Fault	Irpinia 5	Pantosti & Valensise [1990]	
76	Fault	Irpinia 6	Pantosti & Valensise [1990]	
77	Fault	Irpinia 7	Pantosti & Valensise [1990]	

NATURA E CARATTERISTICHE DEL SUOLO INVESTIGATO

L'indagine per la valutazione delle strutture tecniche dei terreni, oltre al rilevamento geologico, è stata indirizzata alla valutazione del piano d'appoggio della struttura.

L'area, dall'assetto morfologico sub-pianeggiante, è costituita da terreni ascrivibili all'Unità quaternaria di copertura con variabilità litologica accentuata sia verticale che orizzontale.

Le risultanze della MASW-GRM, le correlazioni con i dati del rilevamento geologico e i dati di precedenti sondaggi nell'area di studio ha permesso le correlazioni stratigrafiche che hanno portato alla redazione della seguente stratigrafia:



CONCLUSIONI

Per incarico ricevuto dal Comune di San Gregorio Magno è stata redatta una **relazione sismica**, per il progetto: “**REALIZZAZIONE IMPIANTO DI DEPURAZIONE DI SAN GREGORIO MAGNO**”, in loc. Piè delle Vigne e Area P.I.P.-San Gregorio Magno (SA). Con lo scopo di fornire le informazioni necessarie ai fini della caratterizzazione sismica dei terreni, della determinazione delle loro caratteristiche e del loro assetto lito-stratigrafico.

La struttura è ubicata nel Foglio n. 36, part. n. 576, nel Comune di San Gregorio Magno (SA) e nel Foglio n.199 (Potenza) della Carta Geologica d'Italia in scala 1: 100.000.

Al fine di determinare le caratteristiche sismiche e geotecniche dei terreni interessati dalla struttura si è proceduti nel seguente modo:

- **Ricerca bibliografica preliminare**
- **Reperimento della cartografia geologica e tematica esistente**
- **Rilevamento geologico speditivo** dell'area di intervento e di una significativa porzione di territorio circostante, quale strumento indispensabile sia per la caratterizzazione litostratigrafica che litotecnica dei terreni superficiali
- **Prospezione geosismica MASW-GRM**

Lo studio è stato, inoltre, eseguito tenendo conto delle prescrizioni contenute nella:

- Legge Regionale 7 febbraio 1983 n° 9, artt. 14 e 15-Norme per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di difesa del territorio dal rischio sismico.
- NTC 2018 del 17 gennaio 2018

Secondo i calcoli è risultato che:

COORDINATE DEL SITO: (WGS84 UTM)

Latitudine 40.652601[°]

Longitudine 15.420013[°]

LITOLOGIA PREVALENTE: **Depositi eluvio-colluviali**

ZONA SISMICA: 1

CLASSE D'USO: 4

COEFFICIENTE D'USO:

VITA NOMINALE: **≥50 ANNI**

CATEGORIA TOPOGRAFICA: **T1**

PERIODO DI RIFERIMENTO: **≥100 ANNI**

Risultati

Profondità piano di posa [m]	1.00
Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)	293.52
Categoria del suolo	C

La categoria di suolo di fondazione, in base all'indagine sismica a rifrazione e alla MASW, è risultata:

CATEGORIA DI SOTTOSUOLO: **C**

Per il calcolo dell'accelerazione massima attesa al sito si fa riferimento alla seguente formula (NTC cap. 7.11.3) riferita allo Stato Limite SLV

$$a_{gmax} = S_s * S_t * a_g$$

$$S_s = 1,238$$

$$S_t = 1,000$$

$$a_g = 0,331$$

$$a_{gmax} = \mathbf{0,409778}$$

a_{gmax} è pertanto pari a 0,409778

L'analisi delle condizioni di stabilità dei pendii in condizioni sismiche può essere eseguita mediante metodi pseudostatici, metodi degli spostamenti e metodi di analisi dinamica.

Nelle analisi, si deve tenere conto dei comportamenti di tipo fragile, che si manifestano nei terreni a grana fina sovraconsolidati e nei terreni a grana grossa addensati con una riduzione della resistenza al taglio al crescere delle deformazioni. Inoltre, si deve tener conto dei possibili incrementi di pressione interstiziale indotti in condizioni sismiche nei terreni saturi. Nei metodi

pseudo statici l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, costante nello spazio e nel tempo, proporzionale al peso W del volume di terreno potenzialmente instabile. Tale forza dipende dalle caratteristiche del moto sismico atteso nel volume di terreno potenzialmente instabile e dalla capacità di tale volume di subire spostamenti senza significative riduzioni di resistenza. Nelle verifiche allo stato limite ultimo, in mancanza di studi specifici, le componenti orizzontale e verticale di tale forza possono esprimersi come $F_h = k_h \cdot W$ ed $F_v = k_v \cdot W$, con k_h e k_v rispettivamente pari ai coefficienti sismici orizzontale e verticale:

$$k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{\max}}{g}$$

$$k_v = \pm 0,5 \cdot k_h.$$

dove

β_s = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

a_{\max} = accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g = accelerazione di gravità.

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale, l'accelerazione massima attesa al sito può essere valutata con la relazione

Quindi

$K_h = 0,11696008154943934760448521916412$ (coeff. azione sismica orizzontale)

$K_v = 0,05848004077471967380224260958206$ (coeff. azione sismica verticale)

Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_g(g) \leq 0,1$	0,20	0,20

Il calcolo dello spostamento del terreno

La formula utilizzata è la seguente:

$$dg = 0,025 \cdot S \cdot TC \cdot TD \cdot ag$$

$$dg = 0,025 \cdot 1,238 \cdot 0,558 \cdot 2,926 \cdot 0,331 = \mathbf{0,0167261954706 \text{ m}}$$

Il calcolo della velocità del terreno

La formula utilizzata è la seguente:

$$v_g = 0,16 \cdot S \cdot TC \cdot a_g$$

$$v_g = 0,16 \cdot 1,238 \cdot 0,558 \cdot 0,331 = \mathbf{0,03658497984 \text{ m/s}}$$

Collasso per slittamento

In conformità con i criteri di progetto allo SLU, la stabilità della fondazione deve essere verificata rispetto al collasso per slittamento, oltre a quello per rottura generale. Rispetto al collasso per slittamento la resistenza viene valutata come somma di una componente dovuta all'adesione e una dovuta all'attrito fondazione-terreno; la resistenza laterale derivante dalla spinta passiva del terreno può essere messa in conto secondo una percentuale indicata dal professionista. La formula specifica per il calcolo della resistenza per attrito di calcolo è:

$$F_{RD} = N_{SD} \cdot \tan \phi + c' \cdot A$$

Nella quale N_{SD} è il valore di calcolo della forza verticale, ϕ è l'angolo di resistenza al taglio alla base della trave rovescia, c' è l'adesione fondazione-terreno e A è l'area della fondazione efficace intesa in caso di carichi eccentrici, ridotta al centro della quale è applicata la risultante.

Poiché non è noto con precisione il valore della forza verticale N_{SD} , si rimanda al progettista la verifica di stabilità globale utilizzando l'approccio 1 combinazione 2 ($A2+M2+R2$) e la verifica per scorrimento sul piano di posa utilizzando la combinazione ($A1+M1+R3$) definita nelle nuove NTC 2018.

La resistenza laterale di calcolo derivante dalla spinta del terreno sulla faccia laterale del plinto, può essere tenuta in conto a condizione che vengano presi adeguati provvedimenti in sito, quali la compattazione del terreno di riporto ai lati della trave rovescia, l'infissione di un muro verticale di fondazione nel terreno, o il getto del calcestruzzo armato del plinto direttamente a contatto con una parte di scavo netta e verticale.

Per la **verifica di sicurezza contro il collasso per slittamento su una base orizzontale**, deve essere soddisfatta la disuguaglianza seguente: $V_{sd} < F_{rd} + E_{pd}$, nella quale V_{sd} è il valore di calcolo della forza orizzontale.

Il DISS fornisce un'istantanea delle presenze di faglie considerate attive allo stato attuale nell'area di interesse. La sorgente sismogenetica che passa ad Est dell'area di studio è la Irpinia-Agry-Valley che ha una magnitudo massima di 6,8, pertanto il Rischio Sismico associato alla stessa è da considerarsi come alto o molto alto.

Il presente lavoro è stato redatto ai sensi di:

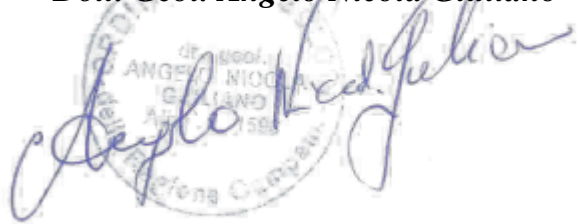
- Legge Regionale 7 febbraio 1983 n° 9, artt. 14 e 15-Norme per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di difesa del territorio dal rischio sismico.
- NTC 2018 del 17 gennaio 2018

Dopo i dati e le informazioni ricavate dalla pratica locale, si ritiene che l'opera possa essere realizzata e non sarà interessata da cedimenti assoluti e differenziali rilevanti e tali da compromettere la stabilità delle strutture stesse.

Atena Lucana, dicembre 2019

COLLABORATORE

Dott. Geol. Angelo Nicola Giuliano



IL DIRETTORE TECNICO

Dott. Geol. Francesco Di Gruccio



DICHIARAZIONE SOSTITUTIVA DELL'ATTO DI NOTORIETÀ
Riguardante stati, qualità personali o fatti giuridicamente rilevanti
(Art. 47 D.P.R. 28/12/2000 n. 445)

Il sottoscritto **Francesco DI GRUCCIO** nato a Teggiano il 28/01/1947, ed ivi residente alla Via Fosso San Martino, Prato Perillo di Teggiano (SA), iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione Campania col N. 169, in qualità di Direttore Tecnico della Geotest s.r.l. con sede Legale e laboratorio in Atena Lucana (SA) alla Via S.S. 19 delle Calabrie km 61+500;

DICHIARA

che la relazione sismica, redatta per conto del Comune di San Gregorio Magno relativa ai lavori di " **REALIZZAZIONE IMPIANTO DI DEPURAZIONE DI SAN GREGORIO MAGNO** ", sito in loc. Piè delle Vigne, San Gregorio Magno (SA), cui si allega la presente, è conforme alle seguenti disposizioni legislative:

- Legge Regionale 7 febbraio 1983 n° 9, artt. 14 e 15-Norme per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di difesa del territorio dal rischio sismico.
- Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni NTC 2018 del 17 gennaio 2018

Il sottoscritto si assume la piena, incondizionata e totale responsabilità di quanto scritto.

Il sottoscritto dichiara di essere a conoscenza delle sanzioni penali cui incorre in caso di dichiarazione mendace contenente dati non rispondenti a verità, come previsto dall'art. 76 del D.P.R. 28/12/2000 n. 445. Il sottoscritto dichiara di essere a conoscenza dell'art. 75 del D.P.R. 28/12/2000, n. 445 relativo alla decadenza dei benefici eventualmente conseguenti al provvedimento emanato qualora l'Amministrazione, a seguito di controllo, riscontri la non veridicità del contenuto della suddetta dichiarazione. Il sottoscritto ai sensi dell'art. 10 della legge 675/96 (tutela della persona e di altri soggetti rispetto al trattamento dei dati personali) accorda il consenso affinché i propri dati possano essere trattati ed essere oggetto di comunicazione a terzi al fine di provvedere agli adempimenti di obblighi di legge.

Il sottoscritto allega fotocopia di documento di identità in corso di validità.

Atena Lucana, 17/12/2019

IL DIRETTORE TECNICO
Dott. Geol. Francesco Di Gruccio





Cognome DI GRUCCIO
Nome FRANCESCO
nato il 28 gennaio 1947
(atto n. 49 P. I. S. A - 47)
a TEGGIANO (SA)
Cittadinanza Italiana
Residenza TEGGIANO
Via VIA FOSSO SAN MARTINO
Stato civile Coniugato/a
Professione GEOLOGO

CONNOTATI E CONTRASSEGNI SALIENTI

Statura 1,72
Capelli GRIGI
Occhi CASTANI
Segni particolari NESSUNO



Verifica/sezione di stabilità “Piè delle Vigne”

Relazione di calcolo

Definizione

Per pendio s'intende una porzione di versante naturale il cui profilo originario è stato modificato da interventi artificiali rilevanti rispetto alla stabilità. Per frana s'intende una situazione di instabilità che interessa versanti naturali e coinvolgono volumi considerevoli di terreno.

Introduzione all'analisi di stabilità

La risoluzione di un problema di stabilità richiede la presa in conto delle equazioni di campo e dei legami costitutivi. Le prime sono di equilibrio, le seconde descrivono il comportamento del terreno. Tali equazioni risultano particolarmente complesse in quanto i terreni sono dei sistemi multifase, che possono essere ricondotti a sistemi monofase solo in condizioni di terreno secco, o di analisi in condizioni drenate.

Nella maggior parte dei casi ci si trova a dover trattare un materiale che se saturo è per lo meno bifase, ciò rende la trattazione delle equazioni di equilibrio notevolmente complicata. Inoltre è praticamente impossibile definire una legge costitutiva di validità generale, in quanto i terreni presentano un comportamento non-lineare già a piccole deformazioni, sono anisotropi ed inoltre il loro comportamento dipende non solo dallo sforzo deviatorico ma anche da quello normale. A causa delle suddette difficoltà vengono introdotte delle ipotesi semplificative:

1. Si usano leggi costitutive semplificate: modello rigido perfettamente plastico. Si assume che la resistenza del materiale sia espressa unicamente dai parametri coesione (c) e angolo di resistenza al taglio (ϕ), costanti per il terreno e caratteristici dello stato plastico; quindi si suppone valido il criterio di rottura di Mohr-Coulomb.
2. In alcuni casi vengono soddisfatte solo in parte le equazioni di equilibrio.

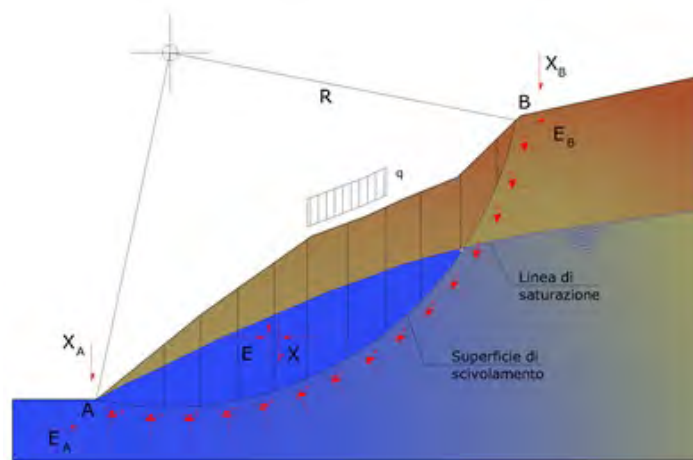
Metodo equilibrio limite (LEM)

Il metodo dell'equilibrio limite consiste nello studiare l'equilibrio di un corpo rigido, costituito dal pendio e da una superficie di scorrimento di forma qualsiasi (linea retta, arco di cerchio, spirale logaritmica); da tale equilibrio vengono calcolate le tensioni da taglio (τ) e confrontate con la resistenza disponibile (τ_f), valutata secondo il criterio di rottura di Coulomb, da tale confronto ne scaturisce la prima indicazione sulla stabilità attraverso il coefficiente di sicurezza:

$$F = \tau_f / \tau$$

Tra i metodi dell'equilibrio limite alcuni considerano l'equilibrio globale del corpo rigido (Culman), altri a causa della non omogeneità dividono il corpo in conci considerando l'equilibrio di ciascuno (Fellenius, Bishop, Janbu ecc.).

Di seguito vengono discussi i metodi dell'equilibrio limite dei conci.



Metodo dei concii

La massa interessata dallo scivolamento viene suddivisa in un numero conveniente di concii. Se il numero dei concii è pari a n , il problema presenta le seguenti incognite:

- n valori delle forze normali N_i agenti sulla base di ciascun concio;
- n valori delle forze di taglio alla base del concio T_i ;
- $(n-1)$ forze normali E_i agenti sull'interfaccia dei concii;
- $(n-1)$ forze tangenziali X_i agenti sull'interfaccia dei concii;
- n valori della coordinata a che individua il punto di applicazione delle E_i ;
- $(n-1)$ valori della coordinata che individua il punto di applicazione delle X_i ;
- una incognita costituita dal fattore di sicurezza F .

Complessivamente le incognite sono $(6n-2)$.

Mentre le equazioni a disposizione sono:

- equazioni di equilibrio dei momenti n ;
- equazioni di equilibrio alla traslazione verticale n ;
- equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale n ;
- equazioni relative al criterio di rottura n .

Totale numero di equazioni $4n$.

Il problema è staticamente indeterminato ed il grado di indeterminazione è pari a :

$$i = (6n - 2) - (4n) = 2n - 2$$

Il grado di indeterminazione si riduce ulteriormente a $(n-2)$ in quanto si fa l'assunzione che N_i sia applicato nel punto medio della striscia. Ciò equivale ad ipotizzare che le tensioni normali totali siano uniformemente distribuite.

I diversi metodi che si basano sulla teoria dell'equilibrio limite si differenziano per il modo in cui vengono eliminate le $(n-2)$ indeterminazioni.

Metodo di Fellenius (1927)

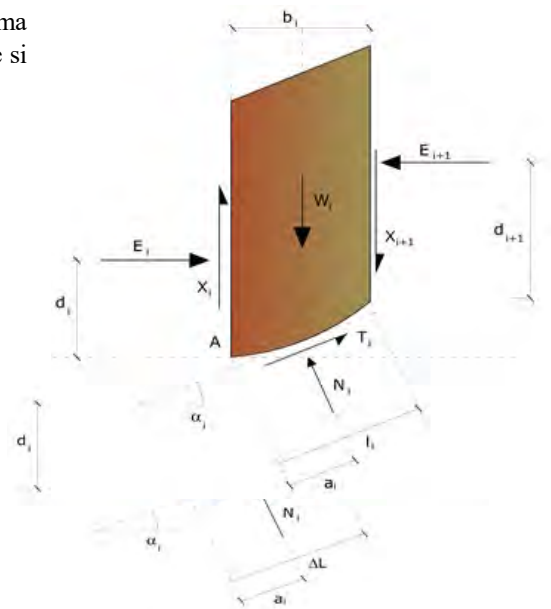
Con questo metodo (valido solo per superfici di scorrimento di forma circolare) vengono trascurate le forze di interstriscia pertanto le incognite si riducono a:

- n valori delle forze normali N_i ;
- n valori delle forze da taglio T_i ;
- 1 fattore di sicurezza.

Incognite $(2n+1)$.

Le equazioni a disposizione sono:

- n equazioni di equilibrio alla traslazione verticale;
- n equazioni relative al criterio di rottura;
- equazione di equilibrio dei momenti globale.



$$F = \frac{\sum \{ c_i \times l_i + (W_i \times \cos \alpha_i - u_i \times l_i) \times \tan \phi_i \}}{\sum W_i \times \sin \alpha_i}$$

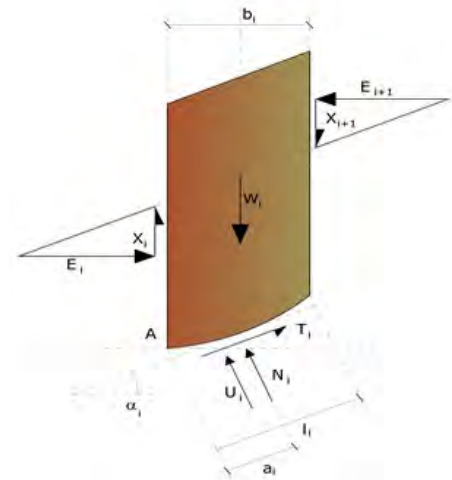
Questa equazione è semplice da risolvere ma si è trovato che fornisce risultati conservativi (fattori di sicurezza bassi) soprattutto per superfici profonde.

Metodo di Bishop (1955)

Con tale metodo non viene trascurato nessun contributo di forze agenti sui blocchi e fu il primo a descrivere i problemi legati ai metodi convenzionali. Le equazioni usate per risolvere il problema sono:

$$\sum F_y = 0, \quad \sum M_0 = 0 \quad \text{Criterio di rottura}$$

$$F = \frac{\Sigma\{c_i \times b_i + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan \varphi_i\} \times \frac{\sec \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \times \tan \varphi_i / F}}{\Sigma W_i \times \sin \alpha_i}$$



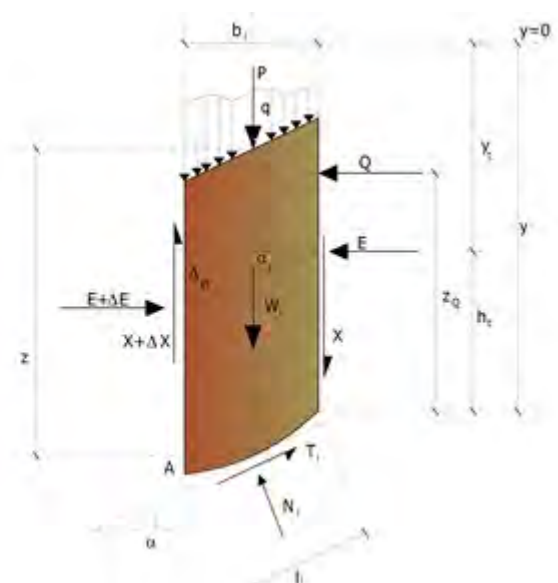
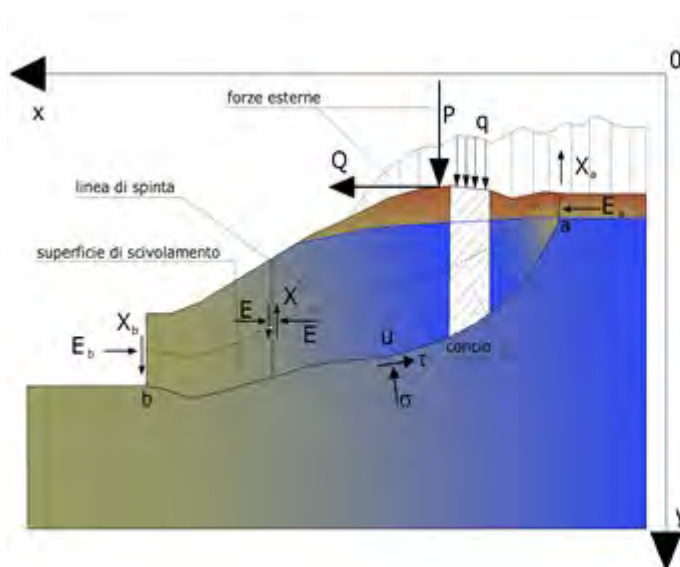
I valori di F e di ΔX per ogni elemento che soddisfano questa equazione danno una soluzione rigorosa al problema. Come prima approssimazione conviene porre $\Delta X = 0$ ed iterare per il calcolo del fattore di sicurezza, tale procedimento è noto come metodo di **Bishop ordinario**, gli errori commessi rispetto al metodo completo sono di circa 1 %.

Metodo di Janbu (1967)

Janbu estese il metodo di Bishop a superfici di scorrimento di forma qualsiasi.

Quando vengono trattate superfici di scorrimento di forma qualsiasi il braccio delle forze cambia (nel caso delle superfici circolari resta costante e pari al raggio). A tal motivo risulta più conveniente valutare l'equazione del momento rispetto allo spigolo di ogni blocco.

$$F = \frac{\Sigma\{c_i \times b + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan \phi_i\} \times \frac{\sec^2 \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \times \tan \phi_i / F}}{\Sigma W_i \times \tan \alpha_i}$$

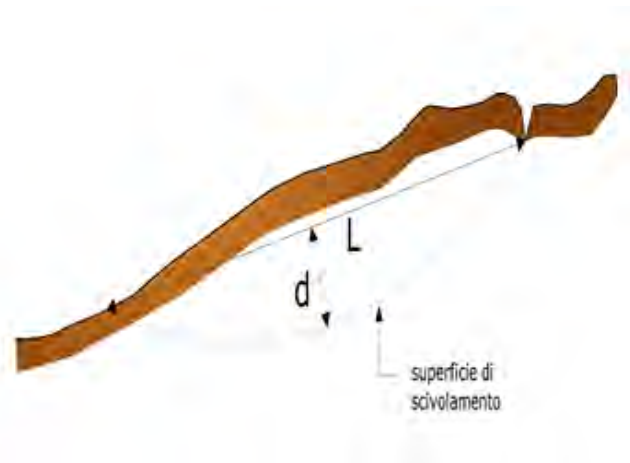
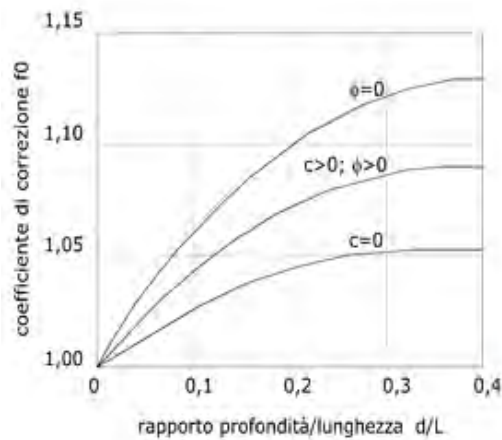


Azioni sul concio i-esimo secondo le ipotesi di Janbu e rappresentazione d'insieme dell'ammasso

Assumendo $\Delta X_i = 0$ si ottiene il metodo ordinario. Janbu propose inoltre un metodo per la correzione del fattore di sicurezza ottenuto con il metodo ordinario secondo la seguente:

$$F_{\text{corretto}} = f_0 \cdot F$$

dove f_0 è riportato in grafici funzione di geometria e parametri geotecnici. Tale correzione è molto attendibile per pendii poco inclinati.



Metodo di Bell (1968)

Le forze agenti sul corpo che scivola includono il peso effettivo del terreno, W , le forze sismiche pseudostatiche orizzontali e verticali $K_X W$ e $K_Z W$, le forze orizzontali e verticali X e Z applicate esternamente al profilo del pendio, infine, la risultante degli sforzi totali normali e di taglio σ e τ agenti sulla superficie potenziale di scivolamento.

Lo sforzo totale normale può includere un eccesso di pressione dei pori u che deve essere specificata con l'introduzione dei parametri di forza efficace.

In pratica questo metodo può essere considerato come un'estensione del metodo del cerchio di attrito per sezioni omogenee precedentemente descritto da Taylor.

In accordo con la legge della resistenza di Mohr-Coulomb in termini di tensione efficace, la forza di taglio agente sulla base dell' i -esimo concio è data da:

$$T_i = \frac{c_i L_i + (N_i - u_{ci} L_i) \tan \Phi_i}{F}$$

in cui:

F = il fattore di sicurezza;

c_i = la coesione efficace (o totale) alla base dell' i -esimo concio;

ϕ_i = l'angolo di attrito efficace (= 0 con la coesione totale) alla base dell' i -esimo concio;

L_i = la lunghezza della base dell' i -esimo concio;

u_{ci} = la pressione dei pori al centro della base dell' i -esimo concio.

L'equilibrio risulta uguagliando a zero la somma delle forze orizzontali, la somma delle forze verticali e la somma dei momenti rispetto all'origine.

Viene adottata la seguente assunzione sulla variazione della tensione normale agente sulla potenziale superficie di scorrimento:

$$\sigma_{ci} = \left[C_1 (1 - K_z) \frac{W_i \cos \alpha_i}{L_i} \right] + C_2 f(x_{ci}, y_{ci}, z_{ci})$$

in cui il primo termine dell'equazione include l'espressione:

$$W_i \cos \alpha_i / L_i = \text{valore dello sforzo normale totale associato con il metodo ordinario dei concii}$$

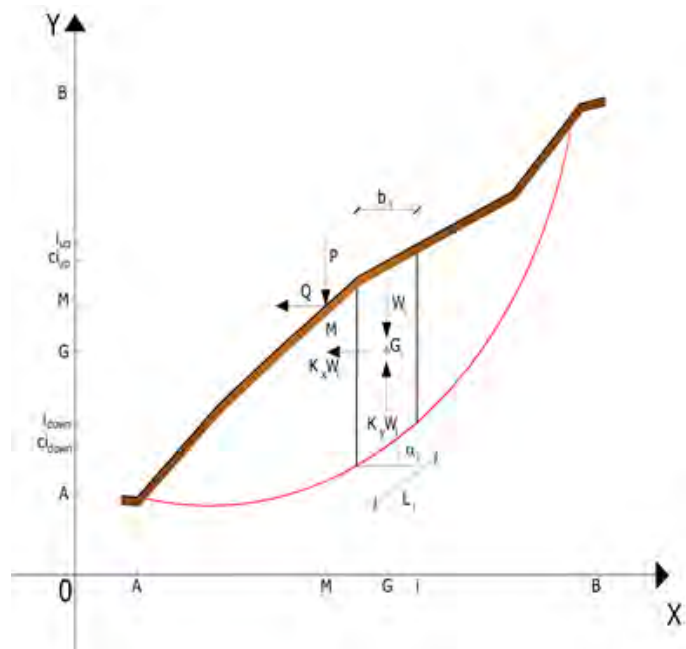
Il secondo termine dell'equazione include la funzione:

$$f = \sin 2\pi \left(\frac{x_n - x_{ci}}{x_n - x_0} \right)$$

dove x_0 ed x_n sono rispettivamente le ascisse del primo e dell'ultimo punto della superficie di scorrimento, mentre x_{ci} rappresenta l'ascissa del punto medio della base del concio i -esimo.

Una parte sensibile di riduzione del peso associata con una accelerazione verticale del terreno $K_z g$ può essere trasmessa direttamente alla base e ciò è incluso nel fattore $(1 - K_z)$.

Lo sforzo normale totale alla base di un concio è dato da:



$$N_i = \sigma_{ci} L_i$$

La soluzione delle equazioni di equilibrio si ricava risolvendo un sistema lineare di tre equazioni ottenute moltiplicando le equazioni di equilibrio per il fattore di sicurezza F , sostituendo l'espressione di N_i e moltiplicando ciascun termine della coesione per un coefficiente arbitrario C_3 . Qualsiasi coppia di valori del fattore di sicurezza nell'intorno di una stima fisicamente ragionevole può essere usata per iniziare una soluzione iterativa.

Il numero necessario di iterazioni dipende sia dalla stima iniziale sia dalla desiderata precisione della soluzione; normalmente, il processo converge rapidamente.

Metodo di Sarma (1973)

Il metodo di Sarma è un semplice, ma accurato metodo per l'analisi di stabilità dei pendii, che permette di determinare l'accelerazione sismica orizzontale richiesta affinché l'ammasso di terreno, delimitato dalla superficie di scivolamento e dal profilo topografico, raggiunga lo stato di equilibrio limite (accelerazione critica K_C) e, nello stesso tempo, consente di ricavare l'usuale fattore di sicurezza ottenuto come per gli altri metodi più comuni della geotecnica.

Si tratta di un metodo basato sul principio dell'equilibrio limite e delle strisce, pertanto viene considerato l'equilibrio di una potenziale massa di terreno in scivolamento suddivisa in n strisce verticali di spessore sufficientemente piccolo da ritenere ammissibile l'assunzione che lo sforzo normale N_i agisce nel punto medio della base della striscia.

Le equazioni da prendere in considerazione sono:

- L'equazione di equilibrio alla traslazione orizzontale del singolo concio;
- L'equazione di equilibrio alla traslazione verticale del singolo concio;
- L'equazione di equilibrio dei momenti.

Condizioni di equilibrio alla traslazione orizzontale e verticale:

$$N_i \cos \alpha_i + T_i \sin \alpha_i = W_i - \Delta X_i$$

$$T_i \cos \alpha_i - N_i \sin \alpha_i = K W_i + \Delta E_i$$

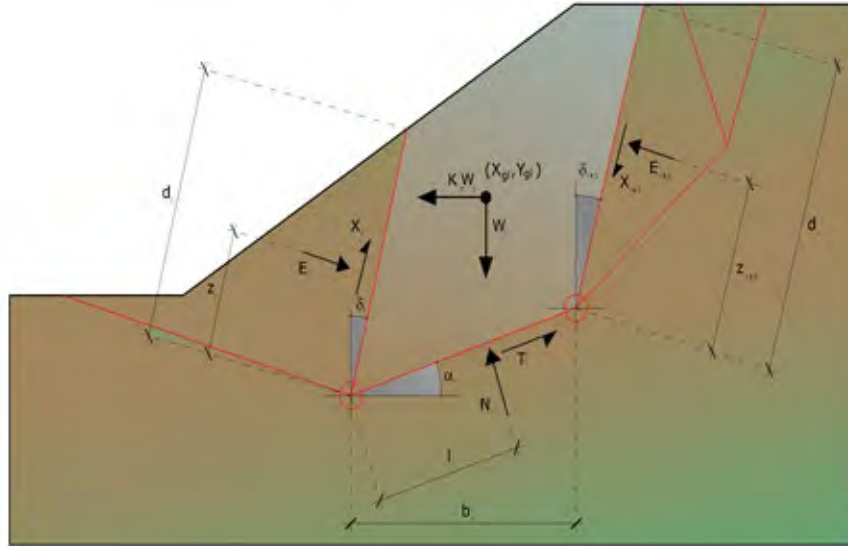
Viene, inoltre, assunto che in assenza di forze esterne sulla superficie libera dell'ammasso si ha:

$$\sum \Delta E_i = 0$$

$$\sum \Delta X_i = 0$$

dove E_i e X_i rappresentano, rispettivamente, le forze orizzontale e verticale sulla faccia i -esima del concio generico i .

L'equazione di equilibrio dei momenti viene scritta scegliendo come punto di riferimento il baricentro dell'intero ammasso; sicché, dopo aver eseguito una serie di posizioni e trasformazioni trigonometriche ed algebriche, nel **metodo di Sarma** la soluzione del problema passa attraverso la risoluzione di due equazioni:



Azioni sull' iesimo concio, metodo di Sarma

$$\sum \Delta X_i \cdot \operatorname{tg}(\psi'_i - \alpha_i) + \sum \Delta E_i = \sum \Delta_i - K \cdot \sum W_i$$

$$\sum \Delta X_i \cdot [(y_{mi} - y_G) \cdot \operatorname{tg}(\psi'_i - \alpha'_i) + (x'_i - x_G)] = \sum W_i \cdot (x_{mi} - x_G) + \sum \Delta_i \cdot (y_{mi} - y_G)$$

Ma l'approccio risolutivo, in questo caso, è completamente capovolto: il problema infatti impone di trovare un valore di **K** (accelerazione sismica) corrispondente ad un determinato fattore di sicurezza; ed in particolare, trovare il valore dell'accelerazione **K** corrispondente al fattore di sicurezza **F = 1**, ossia l'accelerazione critica.

Si ha pertanto:

$$K=K_c \quad \text{Accelerazione critica se } F=1$$

$$F=F_s \quad \text{Fattore di sicurezza in condizioni statiche se } K=0$$

La seconda parte del problema del Metodo di Sarma è quella di trovare una distribuzione di forze interne X_i ed E_i tale da verificare l'equilibrio del concio e quello globale dell'intero ammasso, senza violazione del criterio di rottura.

E' stato trovato che una soluzione accettabile del problema si può ottenere assumendo la seguente distribuzione per le forze X_i :

$$\Delta X_i = \lambda \cdot \Delta Q_i = \lambda \cdot (Q_{i+1} - Q_i)$$

dove Q_i è una funzione nota, in cui vengono presi in considerazione i parametri geotecnici medi sulla i -esima faccia del concio i , e λ rappresenta un'incognita.

La soluzione completa del problema si ottiene pertanto, dopo alcune iterazioni, con i valori di K_c , λ e F , che permettono di ottenere anche la distribuzione delle forze di interstriscia.

Metodo di Spencer (1967)

Il metodo è basato sull'assunzione:

1. le forze d'interfaccia lungo le superfici di divisione dei singoli conci sono orientate parallelamente fra loro ed inclinate rispetto all'orizzontale di un angolo θ ;
2. tutti i momenti sono nulli $M_i = 0$ con $i = 1, \dots, n$.

Sostanzialmente il metodo soddisfa tutte le equazioni della statica ed equivale al metodo di Morgenstern e Price quando la funzione $f(x) = 1$. Imponendo l'equilibrio dei momenti rispetto al centro dell'arco descritto dalla superficie di scivolamento si ha:

$$1) \quad \sum Q_i R \cos(\alpha - \theta) = 0$$

dove:

$$Q_i = \frac{\frac{c}{F_s} (W \cos \alpha - \gamma_w h \sec \alpha) \frac{\tan \alpha}{F_s} - W \sin \alpha}{\cos(\alpha - \theta) \left[\frac{F_s + \tan \phi \tan(\alpha - \theta)}{F_s} \right]}$$

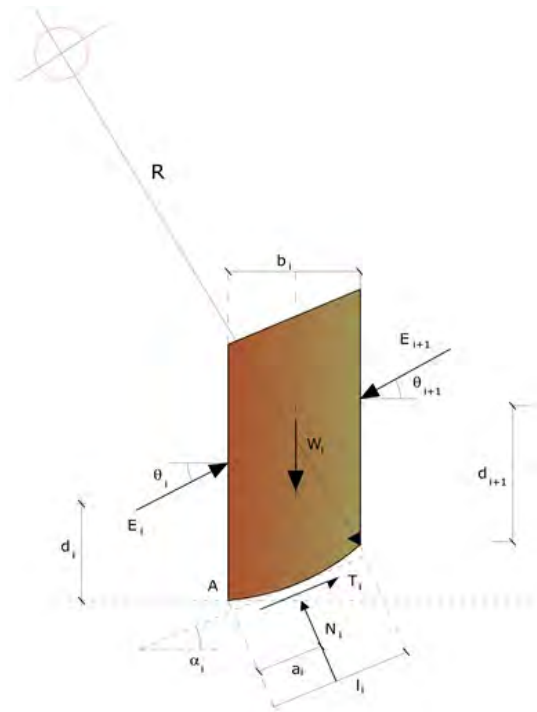
forza d'interazione fra i conci;

R = raggio dell'arco di cerchio;

θ = angolo d'inclinazione della forza Q_i rispetto all'orizzontale.

Imponendo l'equilibrio delle forze orizzontali e verticali si ha rispettivamente:

$$\sum (Q_i \cos \theta) = 0$$



$$\sum (Q_i \sin \theta) = 0$$

Con l'assunzione delle forze Q_i parallele fra loro, si può anche scrivere:

$$2) \quad \sum Q_i = 0$$

Il metodo propone di calcolare due coefficienti di sicurezza: il primo (F_{sm}) ottenibile dalla 1), legato all'equilibrio dei momenti; il secondo (F_{sf}) dalla 2) legato all'equilibrio delle forze. In pratica si procede risolvendo la 1) e la 2) per un dato intervallo di valori dell'angolo θ , considerando come valore unico del coefficiente di sicurezza quello per cui si abbia:

$$F_{sm} = F_{sf}$$

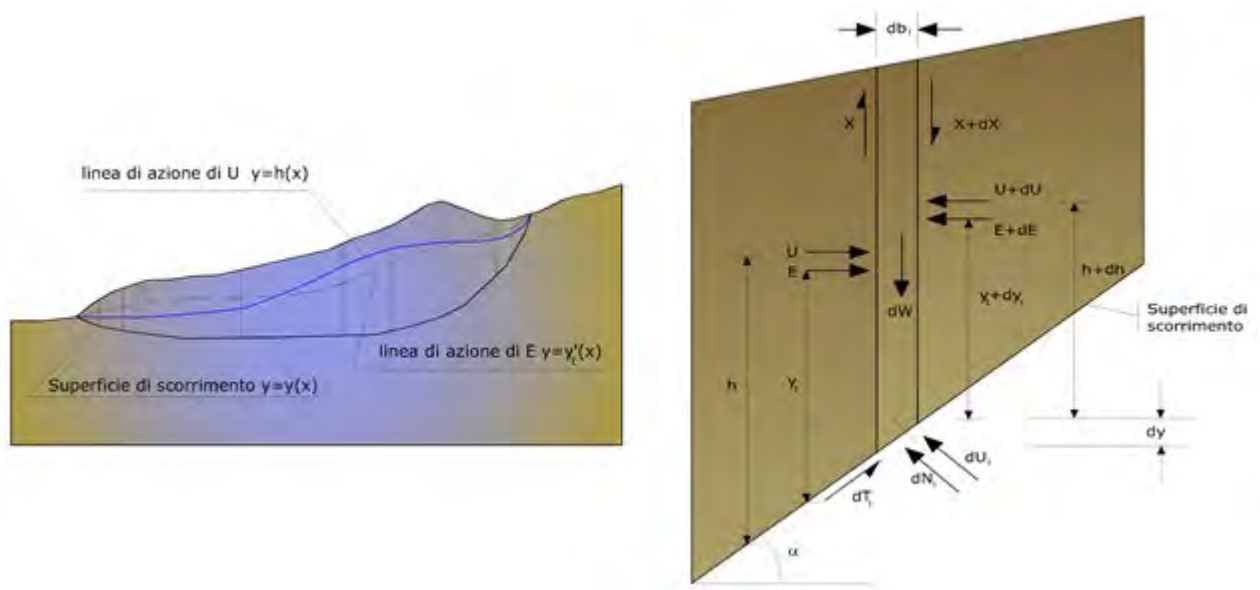
Metodo di Morgenstern e Price (1965)

Si stabilisce una relazione tra le componenti delle forze di interfaccia del tipo $X = \lambda f(x)E$, dove λ è un fattore di scala e $f(x)$, funzione della posizione di E e di X , definisce una relazione tra la variazione della forza X e della forza E all'interno della massa scivolante. La funzione $f(x)$ è scelta arbitrariamente (costante, senoide, semisenoide, trapezia, spezzata...) e influenza poco il risultato, ma va verificato che i valori ricavati per le incognite siano fisicamente accettabili.

La particolarità del metodo è che la massa viene suddivisa in strisce infinitesime alle quali vengono imposte le equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale e verticale e di rottura sulla base delle strisce stesse. Si perviene ad una prima equazione differenziale che lega le forze d'interfaccia incognite E , X , il coefficiente di sicurezza F_s , il peso della striscia infinitesima dW e la risultante delle pressioni neutra alla base dU .

Si ottiene la cosiddetta “equazione delle forze”:

$$\begin{aligned} c' \sec^2 \frac{\alpha}{F_s} + \operatorname{tg} \varphi' \left(\frac{dW}{dx} - \frac{dX}{dx} - \operatorname{tg} \alpha \frac{dE}{dx} - \sec \alpha \frac{dU}{dx} \right) = \\ = \frac{dE}{dx} - \operatorname{tg} \alpha \left(\frac{dX}{dx} - \frac{dW}{dx} \right) \end{aligned}$$



Azioni sul concio i -esimo secondo le ipotesi di Morgenster e Price e rappresentazione d'insieme dell'ammasso

Una seconda equazione, detta “**equazione dei momenti**”, viene scritta imponendo la condizione di equilibrio alla rotazione rispetto alla mezzeria della base:

$$X = \frac{d(E_\gamma)}{dx} - \gamma \frac{dE}{dx}$$

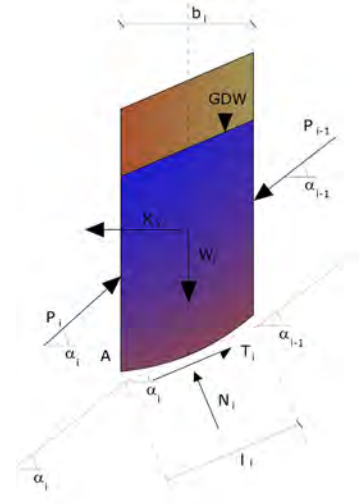
queste due equazioni vengono estese per integrazione a tutta la massa interessata dallo scivolamento.

Il metodo di calcolo soddisfa tutte le equazioni di equilibrio ed è applicabile a superfici di qualsiasi forma, ma implica necessariamente l'uso di un calcolatore.

Metodo di Zeng e Liang (2002)

Zeng e Liang hanno effettuato una serie di analisi parametriche su un modello bidimensionale sviluppato con codice agli elementi finiti, che riproduce il caso di pali immersi in un terreno in movimento (drilled shafts). Il modello bidimensionale riproduce un striscia di terreno di spessore unitario e ipotizza che il fenomeno avvenga in condizioni di deformazione piana nella direzione parallela all'asse dei pali. Il modello è stato utilizzato per indagare l'influenza sulla formazione dell'effetto arco di alcuni parametri come l'interasse fra i pali, il diametro e la forma dei pali, e le proprietà meccaniche del terreno. Gli autori individuano nel rapporto tra l'interasse e il diametro dei i pali (s/d) il parametro adimensionale determinante per la formazione dell'effetto arco. Il problema risulta essere staticamente indeterminato, con grado di indeterminatezza pari a $(8n-4)$, ma nonostante ciò è possibile ottenere una soluzione riducendo il numero delle incognite e assumendo quindi delle ipotesi semplificative, in modo da rendere determinato il problema.

Le assunzioni che rendono il problema determinato sono:



- K_y sono assunte orizzontali per ridurre il numero totale delle incognite da $(n-1)$ a $(7n-3)$;
- Le forze normali alla base della striscia agiscono nel punto medio, riducendo le incognite da n a $(6n-3)$;
- La posizione delle spinte laterali è ad un terzo dell'altezza media dell'inter-striscia e riduce le incognite da $(n-1)$ a $(5n-2)$;
- Le forze (P_{i-1}) e P_i si assumono parallele all'inclinazione della base della striscia (α_i), riducendo il numero di incognite da $(n-1)$ a $(4n-1)$;
- Si assume un'unica costante di snervamento per tutte le strisce, riducendo le incognite da (n) a $(3n-1)$;

Il numero totale di incognite quindi è ridotto a $(3n)$, da calcolare utilizzando il fattore di trasferimento di carico. Inoltre si deve tener presente che la forza di stabilizzazione trasmessa sul terreno a valle dei pali risulta ridotta di una quantità R , chiamato fattore di riduzione, calcolabile come:

$$R = \frac{1}{s/d} + \left(1 - \frac{1}{s/d}\right) \cdot R_p$$

Il fattore R dipende quindi dal rapporto fra l'interasse presente fra i pali e il diametro dei pali stessi e dal fattore R_p che tiene conto dell'effetto arco.

Valutazione dell'azione sismica

La stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica viene verificata con il metodo pseudo-statico. Per i terreni che sotto l'azione di un carico ciclico possono sviluppare pressioni interstiziali elevate viene considerato un aumento in percento delle pressioni neutre che tiene conto di questo fattore di perdita di resistenza.

Ai fini della valutazione dell'azione sismica vengono considerate le seguenti forze:

$$F_H = K_x W$$

$$F_V = K_y W$$

Essendo:

- **F_H** e **F_V** rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio;
- **W** peso concio;
- **K_x** coefficiente sismico orizzontale;
- **K_y** coefficiente sismico verticale.

Ricerca della superficie di scorrimento critica

In presenza di mezzi omogenei non si hanno a disposizione metodi per individuare la superficie di scorrimento critica ed occorre esaminarne un numero elevato di potenziali superfici.

Nel caso vengano ipotizzate superfici di forma circolare, la ricerca diventa più semplice, in quanto dopo aver posizionato una maglia dei centri costituita da m righe e n colonne saranno esaminate tutte le superfici aventi per centro il generico nodo della maglia m×n e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili.

Stabilizzazione di pendii con l'utilizzo di pali

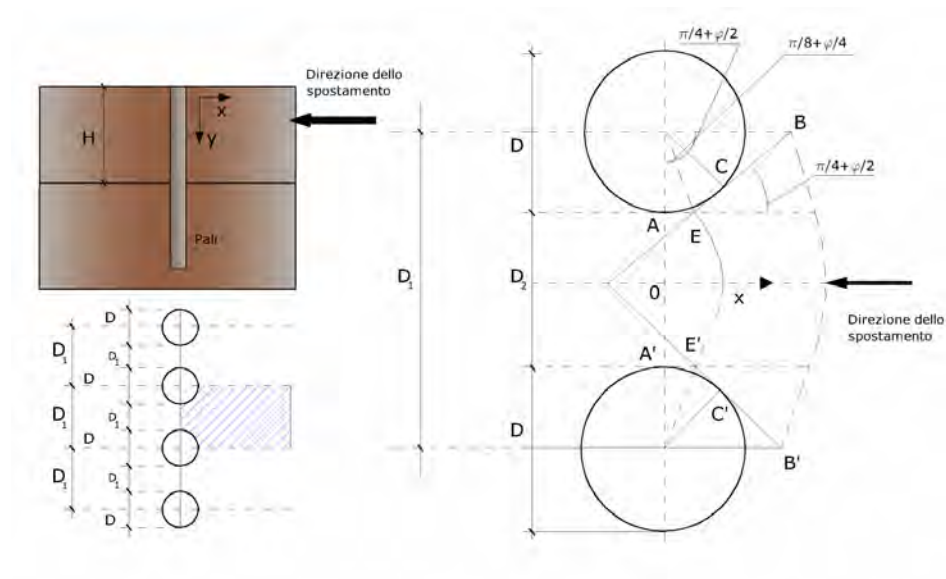
La realizzazione di una cortina di pali, su pendio, serve a fare aumentare la resistenza al taglio su determinate superfici di scorrimento. L'intervento può essere conseguente ad una stabilità già accertata, per la quale si conosce la superficie di scorrimento oppure, agendo preventivamente, viene progettato in relazione alle ipotetiche superfici di rottura che responsabilmente possono essere assunte come quelle più probabili. In ogni caso si opera considerando una massa di terreno in movimento su un ammasso stabile sul quale attestare, per una certa lunghezza, l'allineamento di pali.

Il terreno, nelle due zone, ha una influenza diversa sull'elemento monoassiale (palo): di tipo sollecitativi nella parte superiore (palo passivo – terreno attivo) e di tipo resistivo nella zona sottostante (palo attivo – terreno passivo). Da questa interferenza, fra "sbarramento" e massa in movimento, scaturiscono le azioni stabilizzanti che devono perseguire le seguenti finalità:

1. conferire al pendio un coefficiente di sicurezza maggiore di quello posseduto;
2. essere assorbite dal manufatto garantendone l'integrità (le tensioni interne, derivanti dalle sollecitazioni massime trasmesse sulle varie sezioni del singolo palo, devono risultare inferiori a quelle ammissibili del materiale) e risultare inferiori al carico limite sopportabile dal terreno, calcolato, lateralmente considerando l'interazione (palo–terreno).

Carico limite relativo all'interazione fra i pali ed il terreno laterale

Nei vari tipi di terreno che non hanno un comportamento omogeneo, le deformazioni in corrispondenza della zona di contatto non sono legate fra di loro. Quindi, non potendo associare al materiale un modello di comportamento perfettamente elastico (ipotesi che potrebbe essere assunta per i materiali lapidei poco fratturati), generalmente si procede imponendo che il movimento di massa sia nello stato iniziale e che il terreno in adiacenza ai pali sia nella fase massima consentita di plasticizzazione, oltre la quale si potrebbe verificare l'effetto indesiderato che il materiale possa defluire, attraverso la cortina di pali, nello spazio intercorrente fra un elemento e l'altro.



Imponendo inoltre che il carico assorbito dal terreno sia uguale a quello associato alla condizione limite ipotizzata e che fra due pali consecutivi, a seguito della spinta attiva, si instauri una sorta di effetto arco, gli autori T. Ito e T. Matsui (1975) hanno ricavato la relazione che permette di determinare il carico limite. A questa si è pervenuto facendo riferimento allo schema statico, disegnato nella figura precedente e alle ipotesi anzidette, che schematicamente si ribadiscono.

- Sotto l'azione della spinta attiva del terreno si formano due superfici di scorrimento localizzate in corrispondenza delle linee AEB ed A'E'B';
- Le direzioni EB ed E'B' formano con l'asse x rispettivamente angoli $+(45 + \varphi/2)$ e $-(45 + \varphi/2)$;
- Il volume di terreno, compreso nella zona delimitata dai vertici AEBB'E'A' ha un comportamento plastico, e quindi è consentita l'applicazione del criterio di rottura di Mohr-coulomb;
- La pressione attiva del terreno agisce sul piano A-A';
- I pali sono dotati di elevata rigidezza a flessione e taglio.

Detta espressione, riferita alla generica profondità Z, relativamente ad un spessore di terreno unitario, è la seguente:

$$P(Z) = C \cdot D_1 (D_1/D_2)^{k_1} \left[\frac{1}{(N_\phi \tan \phi)} \left(e^{k_2} - 2(N_\phi)^{1/2} \tan \phi - 1 \right) + K_3 \right] - C \left[D_1 \cdot K_3 - D_2 / (N_\phi)^{1/2} \right] + \gamma Z / N_\phi \left[D_1 (D_1/D_2)^{k_1} \cdot e^{k_2} - D_2 \right]$$

dove i simboli utilizzati assumono il significato che segue:

C = coesione terreno;

φ = angolo di attrito terreno;

γ = peso specifico terreno;

D_1 = interasse tra i pali;

D_2 = spazio libero fra due pali consecutivi;

$$N_\varphi = \tan^2(\pi/4 + \varphi/2)$$

$$K_1 = (N_\varphi)^{1/2} \tan \varphi + N_\varphi - 1$$

$$K_2 = (D_1 - D_2)/D_2 \cdot N_\varphi \tan(\pi/8 + \varphi/4)$$

$$K_3 = \left[2 \tan \varphi + 2(N_\varphi)^{1/2} + 1/(N_\varphi)^{1/2} \right] / \left[(N_\varphi)^{1/2} \tan \varphi + N_\varphi - 1 \right]$$

La forza totale, relativamente ad uno strato di terreno in movimento di spessore H, è stata ottenuta integrando l'espressione precedente.

In presenza di terreni granulari (condizione drenata), nei quali si può assumere $c = 0$, l'espressione diventa:

$$P = 1/2 \gamma \cdot H^2 / N_\varphi \left[D_1 (D_1/D_2)^{K_1} \cdot e^{K_2} - D_2 \right]$$

Per terreni coesivi (condizioni non drenate), con $\varphi = 0$ e $C \neq 0$, si ha:

$$P(Z) = C \left[D_1 (3 \ln(D_1/D_2) + (D_1 - D_2)/D_2 \tan \pi/8) - 2(D_1 - D_2) \right] + \gamma \cdot Z(D_1 - D_2)$$

$$P = \int_0^H P(Z) dZ$$

$$P = C \cdot H \left[D_1 (3 \ln(D_1/D_2) + (D_1 - D_2)/D_2 \tan \pi/8) - 2(D_1 - D_2) \right] + 1/2 \gamma H^2 (D_1 - D_2)$$

Il dimensionamento della cortina di pali, che come già detto deve conferire al pendio un incremento del coefficiente di sicurezza e garantire l'integrità del meccanismo palo-terreno, è abbastanza problematica. Infatti tenuto conto della complessità dell'espressione del carico P, influenzata da diversi fattori legati sia alle caratteristiche meccaniche del terreno sia alla geometria del manufatto, non è facile con una sola elaborazione pervenire alla soluzione ottimale. Per raggiungere lo scopo è necessario pertanto eseguire diversi tentativi finalizzati:

- A trovare, sul profilo topografico del pendio, la posizione che garantisca, a parità di altre condizioni, una distribuzione dei coefficienti di sicurezza più confortante;
- A determinare la disposizione planimetrica dei pali, caratterizzata dal rapporto fra interasse e distanza fra i pali (D_2/D_1), che consenta di sfruttare al meglio la resistenza del complesso palo-terreno; sperimentalmente è stato riscontrato che, escludendo i casi limiti ($D_2 = 0 \rightarrow P \rightarrow \infty$ e $D_2 = D_1 \rightarrow$ valore

minimo), i valori più idonei allo scopo sono quelli per i quali tale rapporto risulta compreso fra 0,60 e 0,80;

- A valutare la possibilità di inserire più file di pali ed eventualmente, in caso affermativo, valutare, per le file successive, la posizione che dia più garanzie in termini di sicurezza e di spreco di materiali;
- Ad adottare il tipo di vincolo più idoneo che consente di ottenere una distribuzione più regolare delle sollecitazioni; sperimentalmente è stato constatato che quello che assolve, in maniera più soddisfacente, allo scopo è il vincolo che impedisce le rotazioni alla testa del palo.

Metodo del carico limite di Broms

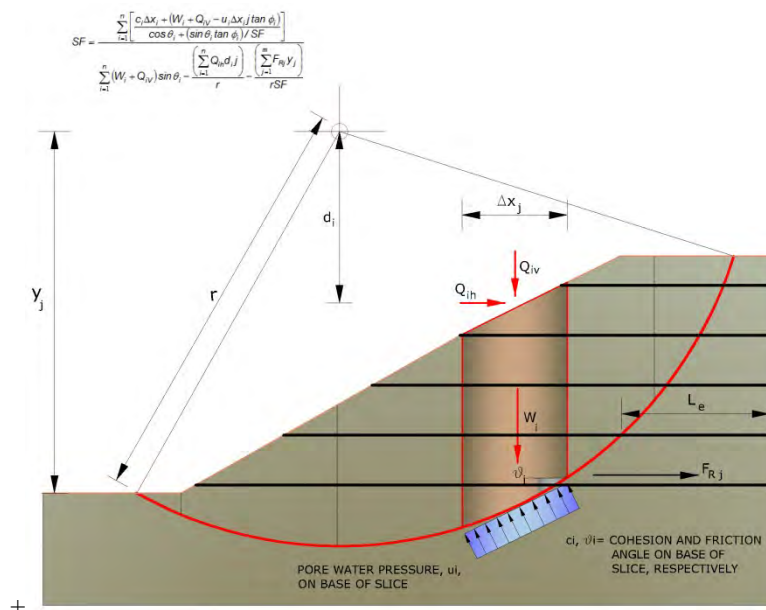
Nel caso in cui il palo sia caricato ortogonalmente all'asse, configurazione di carico presente se un palo inibisce il movimento di una massa in frana, la resistenza può essere affidata al suo carico limite orizzontale.

Il problema di calcolo del carico limite orizzontale è stato affrontato da Broms sia per il mezzo puramente coesivo che per il mezzo incoerente, il metodo di calcolo seguito è basato su alcune ipotesi semplificative per quanto attiene alla reazione esercitata dal terreno per unità di lunghezza di palo in condizioni limite e porta in conto anche la resistenza a rottura del palo (*Momento di plasticizzazione*).

Elemento Rinforzo

I Rinforzi sono degli elementi orizzontali, la loro messa in opera conferisce al terreno un incremento della resistenza allo scorrimento .

Se l'elemento di rinforzo interseca la superficie di scorrimento, la forza resistente sviluppata dall'elemento entra nell'equazione di equilibrio del singolo concio, in caso contrario l'elemento di rinforzo non ne influenza la stabilità.



Le verifiche di natura interna hanno lo scopo di valutare il livello di stabilità dell'ammasso rinforzato, quelle calcolate sono la verifica a rottura dell'elemento di rinforzo per trazione e la verifica a sfilamento (*Pullout*). Il parametro che fornisce la resistenza a trazione del rinforzo, T_{Allow} , si calcola dalla resistenza nominale del materiale con cui è realizzato il rinforzo ridotto da opportuni coefficienti che tengono conto dell'aggressività del terreno, danneggiamento per effetto creep e danneggiamento per installazione.

L' altro parametro è la resistenza a sfilamento (*Pullout*) che viene calcolata attraverso la seguente relazione:

$$T_{\text{Pullout}} = 2 \cdot L_e \cdot \sigma'_v \cdot f_b \cdot \tan(\delta)$$

Per geosintetico a maglie chiuse:

$$f_b = \frac{\tan(\delta)}{\tan(\varphi)}$$

dove:

- δ Rappresenta l'angolo di attrito tra terreno e rinforzo;
- T_{Pullout} Resistenza mobilitata da un rinforzo ancorato per una lunghezza L_e all'interno della parte stabile del terreno;
- L_e Lunghezza di ancoraggio del rinforzo all'interno della parte stabile;
- f_b Coefficiente di *Pullout*;
- σ'_v Tensione verticale, calcolata alla profondità media del tratto di rinforzo ancorato al terreno.

Ai fini della verifica si sceglie il valore minimo tra T_{Allow} e T_{Pullout} , la verifica interna verrà soddisfatta se la forza trasmessa dal rinforzo generata a tergo del tratto rinforzato non supera il valore della T .

Ancoraggi

Gli ancoraggi, tiranti o chiodi, sono degli elementi strutturali in grado di sostenere forze di trazione in virtù di un'adeguata connessione al terreno.

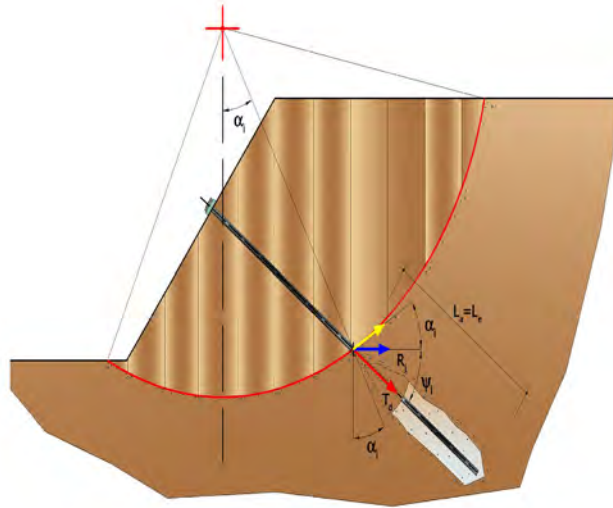
Gli elementi caratterizzanti un tirante sono:

- **testata:** indica l'insieme degli elementi che hanno la funzione di trasmettere alla struttura ancorata la forza di trazione del tirante;
- **fondazione:** indica la parte del tirante che realizza la connessione con il terreno, trasmettendo al terreno stesso la forza di trazione del tirante.

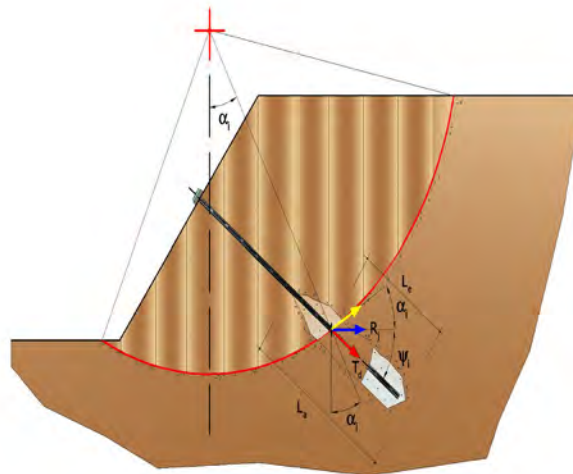
Il tratto compreso tra la testata e la fondazione prende il nome di parte libera, mentre la fondazione (o bulbo) viene

realizzata iniettando nel terreno, per un tratto terminale, tramite valvole a perdere, la malta, in genere cementizia. L'anima dell'ancoraggio è costituita da un'armatura, realizzata con barre, fili o trefoli.

Il tirante interviene nella stabilità in misura maggiore o minore efficacia a seconda se sarà totalmente o parzialmente (caso in cui è intercettato dalla superficie di scorrimento) ancorato alla parte stabile del terreno.



Bulbo completamente ancorato



Bulbo parzialmente ancorato

Le relazioni che esprimono la misura di sicurezza lungo una ipotetica superficie di scorrimento si modificheranno in presenza di ancoraggi (tirante attivo, passivo e chiodi) nel modo seguente:

- per i tiranti di *tipo attivo*, la loro resistenza si detrae dalle azioni (denominatore);

$$F_s = \frac{R_d}{E_d - \sum_{i,j} R_{i,j} \cdot \frac{1}{\cos \alpha_i}}$$

- per tiranti di *tipo passivo* e per *i chiodi*, il loro contributo si somma alle resistenze (numeratore)

$$F_s = \frac{R_d + \sum_{i,j} R_{i,j} \cdot \frac{1}{\cos \alpha_i}}{E_d}$$

Con R_j si indica la resistenza dell'ancoraggio e viene calcolata dalla seguente espressione:

$$R_j = T_d \cdot \cos \Psi_i \cdot \left(\frac{1}{i} \right) \cdot \left(\frac{L_e}{L_a} \right)$$

dove:

T_d tiro esercizio;

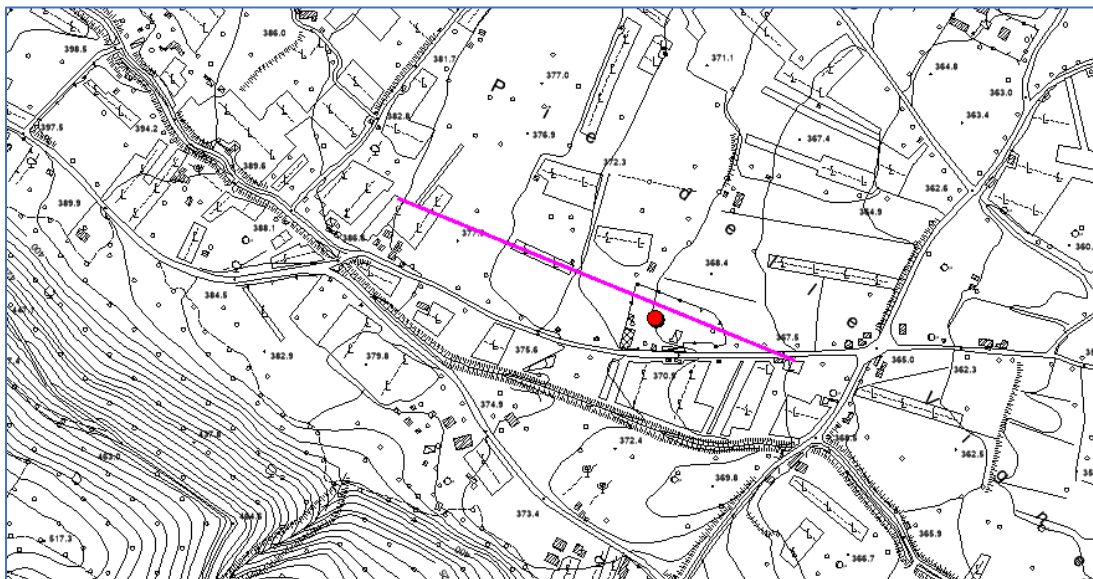
Ψ_i inclinazione del tirante rispetto all'orizzontale;

i interasse;

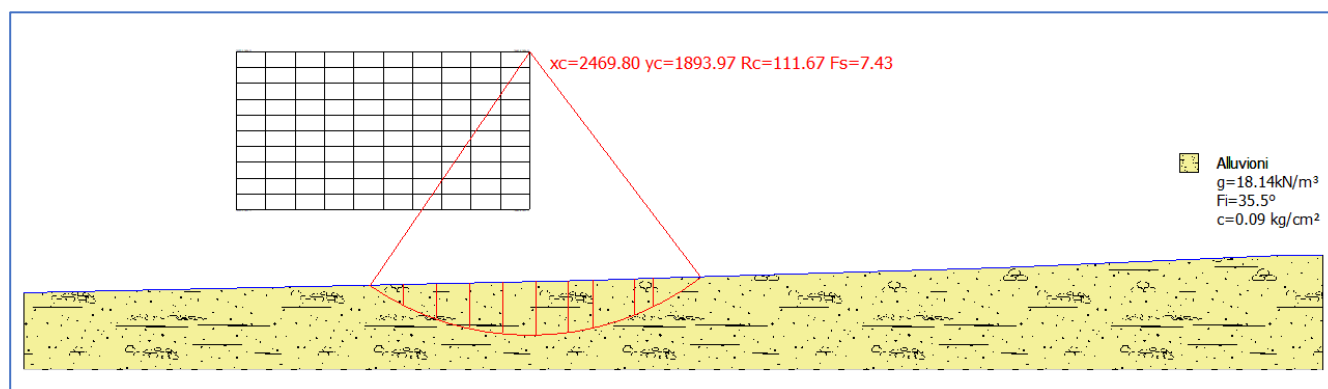
L_e lunghezza efficace;

L_a lunghezza d'ancoraggio.

I due indici (i, j) riportati in sommatoria rappresentano rispettivamente l' i -esimo concio e il j -esimo ancoraggio intercettato dalla superficie di scorrimento dell' i -esimo concio.



Ubicazione profilo per verifica di stabilità pendio



Profilo considerato

Analisi di stabilità dei pendii con: MORGENSTERN-PRICE (1965)

Lat./Long.	40.652473449707/15.4211187362671
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	1.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.1
Coefficiente parziale resistenza	1.0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore x_i	2353.92 m
Ordinata vertice sinistro inferiore y_i	1831.74 m
Ascissa vertice destro superiore x_s	2469.8 m
Ordinata vertice destro superiore y_s	1893.97 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0

Numero di celle lungo y 10.0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera: 2 - Opere ordinarie
 Classe d'uso: Classe II
 Vita nominale: 50.0 [anni]
 Vita di riferimento: 50.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo: C
 Categoria topografica: T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.55	2.4	0.28
S.L.D.	50.0	0.74	2.36	0.29
S.L.V.	475.0	2.42	2.29	0.37
S.L.C.	975.0	3.3	2.33	0.39

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.825	0.2	0.0168	0.0084
S.L.D.	1.11	0.2	0.0226	0.0113
S.L.V.	3.2934	0.28	0.094	0.047
S.L.C.	4.0575	0.28	0.1159	0.0579

Coefficiente azione sismica orizzontale	0.094
Coefficiente azione sismica verticale	0.047

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	2269.87	1798.81
2	2494.91	1803.81
3	2518.45	1804.54
4	2654.84	1808.81
5	2767.03	1813.81
6	2783.14	1813.81

Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata	Angolo resistenza al taglio	Peso unità di volume	Peso saturo (kN/m ³)	Litologia	
--------	-----------------------------------	-------------------------	-----------------------------------	-------------------------	-------------------------------------	-----------	--

		(kg/cm ²)	(°)	(kN/m ³)			
1	0.09		35.5	18.14		Alluvioni	

Risultati analisi pendio [NTC 2018]

Fs minimo individuato	7.43
Ascissa centro superficie	2469.8 m
Ordinata centro superficie	1893.97 m
Raggio superficie	111.67 m

xc = 2469.796 yc = 1893.974 Rc = 111.668 Fs=7.431

Lambda = 0.081

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (N)
1	13.08	-30.53	15.18	1019168.0
2	13.08	-22.95	14.2	2646725.0
3	13.08	-15.84	13.59	3805826.0
4	13.08	-8.95	13.24	4554986.0
5	13.08	-2.2	13.09	4925812.0
6	13.08	4.53	13.12	4930942.0
7	9.76	10.45	9.93	3460557.0
8	16.39	17.4	17.18	4957199.0
9	7.15	23.83	7.82	1637422.0
10	19.0	31.57	22.3	2136100.0

Sforzi sui conci

Nr.	Xi (N)	Ei (N)	Xi-1 (N)	Ei-1 (N)	N'i (N)	Ti (N)	Ui (N)
1	61468.57	756666.7	0.0	0.0	530535.6	68956.79	0.0

2	170203.7	2095176.0	61468.57	756666.7	2026583.0	211398.9	0.0
3	272763.9	3357673.0	170203.7	2095176.0	3487884.0	350946.9	0.0
4	341021.7	4197914.0	272763.9	3357673.0	4579485.0	455308.5	0.0
5	362011.4	4456293.0	341021.7	4197914.0	5140405.0	508971.2	0.0
6	333095.4	4100343.0	362011.4	4456293.0	5110581.0	506145.9	0.0
7	283311.5	3487512.0	333095.4	4100343.0	3441950.0	342183.6	0.0
8	160524.6	1976029.0	283311.5	3487512.0	4478425.0	450286.9	0.0
9	105411.0	1297590.0	160524.6	1976029.0	1282239.0	132367.2	0.0
10	6459.9	79520.16	105411.0	1297590.0	1246911.0	146181.7	0.0

Indice

1.Dati generali	14
2.Vertici profilo	15
3.Coefficienti parziali azioni	16
4.Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno	16
5.Stratigrafia	16
6.Risultati analisi pendio [NTC 2018]	16
Indice	18

ASSEVERAZIONE – Studio di compatibilità geologica

Il sottoscritto Dott. Angelo GOFFREDO nato a Oliveto Citra il 14.09.1976 e residente a Colliano prov. SA in via Ponte Maiale, civ. 9, fax. 0828-4995158 Cell. 347-6027737 e-mail: gogeo@libero.it pec: goffredo@epap.sicurezzapostale.it, iscritto all'Ordine dei Geologi della Campania al n. 2180 C.F.: GFFNGL76P14G039J, in qualità di geologo,

*consapevole della **propria responsabilità penale** che assume ai sensi dell'art. 76 del T. U. approvato con D.P.R. n. 445/2000, nel caso di dichiarazioni non veritiere e falsità degli atti,*

ASSEVERA

che il presente studio geologico (studio di compatibilità geologica) è stato redatto ai sensi delle norme di attuazione vigenti dell'ex Autorità di Bacino Campania Sud ed Interregionale per il Bacino Idrografico del fiume Sele.

Si allega documento di riconoscimento.

Il Tecnico



Cognome **GOFFREDO**
 Nome **ANGELO**
 nato il **14-09-1976**
 (atto n. **327** p. **1** s. **A** 1976)
 a **OLIVETO CITRA**
 Cittadinanza **Italiana**
 Residenza **COLLIANO (SA)**
 Via **CONTRADA PONTE MAIALE 9 i.1**
 Stato civile **CONIUGATO**
 Professione **GEOLOGO**
 CONNOTATI E CONTRASSEGNI SALIENTI
 Statura **170**
 Capelli **Castani**
 Occhi **Castani**
 Segni particolari **NESSUNO**


 Firma del titolare *Angelo Goffredo*
COLLIANO li. **18-04-2013**
 Impronta del dito indice sinistro


Scadenza : **14-09-2023**
026
516
542
 REC. N° 151
AS 7109096


REPUBBLICA ITALIANA

 COMUNE DI
 COLLIANO
CARTA D'IDENTITA'
N° AS 7109096
 DI
 GOFFREDO ANGELO

STUDIO DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

Oggetto: ***Studio di compatibilità idraulica redatto ai sensi dell'art. 50 e dell'allegato G del testo unico coordinato delle Norme Tecniche di Attuazione del PSAI dell'AUTORITA' DI BACINO REGIONALE CAMPANIA SUD ED INTERREGIONALE PER IL BACINO IDROGRAFICO DEL FIUME SELE, finalizzato a verificare la compatibilità idraulica dell'area in studio con l'opera in progetto (PIANO OPERATIVO AMBIENTE FSC 2014/2020 - D.G.R. 443 DEL 24/09/2019 Realizzazione impianto di depurazione di San Gregorio Magno in loc. Piè delle Vigne e loc. Filette del territorio comunale di San Gregorio Magno).***

Committente: ***Amministrazione Comunale di San Gregorio Magno***
Piazza Municipio, 1
84020 San Gregorio Magno (SA)

INDICE

PREMESSA	3
1. PREMESSA	4
2. LE CONOIDI: DEFINIZIONE E CLASSIFICAZIONE.....	6
3. LE CONOIDI IN CAMPANIA.....	9
4. REOLOGIA DELLE COLATE DETRITICHE.....	12
<i>4.1 Modelli reologici utilizzati per rappresentare le colate detritiche.....</i>	<i>12</i>
<i>4.2 Approccio reofisico per la classificazione delle colate detritiche.....</i>	<i>21</i>
5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO-IDROGEOLOGICO.....	23
6. METODOLOGIA ADOTTATA PER LA VALUTAZIONE DELLA SUSCETTIBILITÀ DA FRANA NEL BACINO DEL “VALLONE CIVERNA”	30
7. DEFINIZIONE ED INDIVIDUAZIONE DELLE AREE A DIVERSO GRADO DI SUSCETTIVITA' AL DISSESTO	33
8. LIVELLO DI PERICOLOSITÀ IDROGEOLOGICA DELL'AREA IN STUDIO.....	35
9. ASSETTO GEOLOGICO DELL'AMBITO MORFOLOGICO.....	38
10. LIVELLO DI PERICOLOSITÀ DELL'AMBITO MORFOLOGICO.....	39
11. PERICOLOSITÀ IDRAULICA DA COLATA IN AREE DA CONOIDE.....	40
12. STIMA DEL VOLUME POTENZIALMENTE MOBILITABILE (MAGNITUDO DELLA COLATA)	41
13. IDROGRAMMA DELLA COLATA O “FANGOGRAMMA” O “DEBRISGRAMMA”.....	42
14. DESCRIZIONE DEL MODELLO DI SIMULAZIONE IDRODINAMICA DELLA PROPAGAZIONE DELLA COLATA	43
15. DEFINIZIONE DEI LIVELLI DI PERICOLOSITÀ DA FLUSSO IPERCONCENTRATO	46
16. CODICE DI CALCOLO FLO-2D.....	47
17. CASO DI STUDIO	53
<i>17.1 Stima della magnitudo dell'evento o del volume potenzialmente mobilitabile</i>	<i>53</i>
<i>17.2 Definizione dell'idrogramma della colata o debrisgramma.....</i>	<i>58</i>
18. IMPLEMENTAZIONE IN FLO-2D DEL MODELLO IDRAULICO BIDIMENSIONALE PER LA SIMULAZIONE DEL POTENZIALE FENOMENO DI DEBRIS FLOW NELL'AREA DA CONIODE IN STUDIO ...	62
19. SINTESI DEI RISULTATI E NOTE CONCLUSIVE.....	65
ALLEGATI	68

1. PREMESSA

L'intervento in progetto, di cui alla presente indagine, prevede la realizzazione di due impianti di depurazione nel comune di San Gregorio Magno, alle località Piè delle Vigne e Filette. I due siti interessati dall'intervento in progetto sono rispettivamente distinti in Catasto al Foglio n. 36 particella 576 e al foglio 20.

L'Autorità di Bacino Interregionale del Fiume Sele, ai sensi dell'art. 18 della legge 18 maggio 1989 n°183 e, dell'art. 1 bis della legge 11 dicembre 2000 n°365, ha redatto il Piano Stralcio di Bacino per la Tutela dal Rischio Idrogeologico, adottato con delibera del Comitato Istituzionale n°31 del 29 ottobre 2001 e pubblicato nel supplemento ordinario alla G.U. n°287 dell'11 dicembre 2001 n°262.

L'ABI (Autorità di Bacino Interregionale del Fiume Sele), ai sensi dell'art. 54 delle norme di attuazione del succitato piano, ha aggiornato lo strumento di pianificazione approvando la "RIVISITAZIONE DEL PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (P.A.I.) AI SENSI DELLA NORMATIVA VIGENTE CON DELIBERA N°20 DEL 18 SETTEMBRE 2012" e pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale del 22/10/2012.

Con delibera del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino Regionale Campania Sud ed Interregionale per il bacino idrografico del fiume Sele n. 22 del 02.08.2016 è stato adottato in via definitiva il "Testo Unico delle Norme di Attuazione dei PSAI per il territorio di competenza dell'Autorità di Bacino Regionale Campania Sud ed Interregionale per il bacino idrografico del fiume Sele" entrato in vigore dalla data di pubblicazione sulla G.U.R.I. n° 190 del 16 Agosto 2016

Con D.Lgs. 152/2006 e s.m.i. sono state soppresse le Autorità di Bacino di cui alla ex L.183/89 e istituite, in ciascun distretto idrografico, le Autorità di Bacino Distrettuali. Ai sensi dell'art. 64, comma 1, del suddetto D.Lgs. 152/2006, come modificato dall'art. 51, comma 5 della Legge 221/2015, il territorio nazionale è stato ripartito in 7 distretti idrografici tra i quali quello dell'Appennino Meridionale, comprendente i bacini idrografici nazionali Liri-Garigliano e Volturno, i bacini interregionali Sele, Sinni e Noce, Bradano, Saccione, Fortore e Biferno, Ofanto, Lao, Trigno ed i bacini regionali della Campania, della Puglia, della Basilicata, della Calabria, del Molise.

Le Autorità di Bacino Distrettuali, dalla data di entrata in vigore del D.M. n. 294/2016, a seguito della soppressione delle Autorità di Bacino Nazionali, Interregionali e Regionali, esercitano le funzioni e i compiti in materia di difesa del suolo, tutela delle acque e gestione delle risorse idriche previsti in capo alle stesse dalla normativa vigente nonché ogni altra funzione attribuita dalla legge o dai regolamenti. Con il DPCM del 4 aprile 2018 (pubblicato su G.U. n. 135 del 13/06/2018) - emanato ai sensi dell'art. 63, c. 4 del decreto legislativo n. 152/2006 - è stata infine data definitiva operatività al processo di riordino delle funzioni in materia di difesa del suolo e di tutela delle acque avviato con Legge 221/2015 e con D.M. 294/2016.

L'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale, in base alle norme vigenti, ha fatto proprie le attività di pianificazione e programmazione a scala di Bacino e di Distretto idrografico relative alla difesa, tutela, uso e gestione sostenibile delle risorse suolo e acqua, alla salvaguardia degli aspetti ambientali svolte dalle ex Autorità di Bacino Nazionali, Regionali, Interregionali in base al disposto della ex legge 183/89 e concorre, pertanto, alla difesa, alla tutela e al risanamento del suolo e del sottosuolo, alla tutela quali-quantitativa della risorsa idrica, alla mitigazione del rischio idrogeologico, alla lotta alla desertificazione, alla tutela della fascia costiera ed al risanamento del litorale (in riferimento agli articoli 53, 54 e 65 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 e s.m.i.).

I siti interessati dalle opere in progetto sono classificati, nel **Testo Unico delle Norme di Attuazione dei PSAI**, per quanto concerne la pericolosità idraulica, come "**Zona di Attenzione Idraulica**" ai sensi dell'art. 31 e precisamente come "**area interessate da conoidi**".

Per "**Zona di Attenzione Idraulica**" si intendono le zone definite in base a evidenze idrogeomorfologiche e a dati di campo, che mostrano la suscettibilità delle stesse a essere soggette ad alluvioni. La loro definizione non è dovuta a una specifica probabilità di accadimento, così come per le fasce fluviali.

Le "**Aree interessate da conoidi**" si sviluppano, sovente, in contesti pedemontani che, per le particolari condizioni plano-altimetriche (ad es. il Vallo di Diano), sono caratterizzate da un'elevata urbanizzazione; l'intervento e/o la modificazione antropica in tali aree, pertanto, deve essere supportata da verifiche idrauliche, integrate con lo studio di compatibilità geologica di cui all'allegato G alle norme, finalizzate anche a distinguere le zone attive da quelle inattive, nonché a individuare le zone potenzialmente interessate da invasione e deposito di materiale detritico-alluvionale. Qualsiasi tipo di modificazione antropica ricadente in tali contesti deve essere supportata da uno studio a scala di bacino o sottobacino, in funzione del quale devono essere individuate e perimetrate le zone di possibile invasione/deposito (Runout) di materiale detritico alluvionale.

La disciplina normativa del **Testo Unico delle Norme di Attuazione dei PSAI** dell'ABI Campania Sud, per l'area in studio, subordina la fattibilità dell'intervento in progetto alla verifica della compatibilità, mediante uno studio di compatibilità idraulica redatto ai sensi dell'art. 50 e dei dettami dell'allegato G, dello stesso con l'assetto geologico - geomorfologico

ed idraulico che determina il livello di pericolosità e rischio connessi al verificarsi di potenziali fenomeni di tipo *debris-flow*.

Il presente rapporto (studio di compatibilità idraulica) è stato elaborato considerando alcune premesse e finalità:

- costituisce un approfondimento (rilevamento geologico e geomorfologico di dettaglio a carattere locale) dei dati di base già riportati negli elaborati allegati al “Progetto di rivisitazione del Piano stralcio per il Rischio Idraulico e da Frana dell’ABI Sele”;
- condivide lo schema metodologico di definizione della pericolosità e del rischio utilizzato dall’ABI Sele;
- fornisce indicazioni per la caratterizzazione dei processi morfoevolutivi da cui derivare la suscettività a franare dell’ambito morfologico;
- fornisce indicazioni sulle aree potenzialmente interessate da fenomeni di invasione/deposito di materiale detritico e/o alluvionale connessi al verificarsi di eventi franosi di tipo *debris-flow*;
- fornisce le indicazioni tecniche per la definizione della compatibilità idrogeologica ed idraulica dell’intervento in progetto.

Pertanto, alla luce di quanto appena esposto, è stato predisposto il presente uno Studio di Compatibilità Idraulica, a scala di bacino, redatto ai sensi della normativa vigente.

2. LE CONOIDI: DEFINIZIONE E CLASSIFICAZIONE

Nelle zone pedemontane la morfologia più evidente, legata all'azione erosiva, di trasporto e deposito dei materiali da parte dei corsi d'acqua torrentizi, è rappresentata dalle conoidi alluvionali. Esse possono essere definite come forme di deposito torrentizio, con superficie a forma di segmento di cono, che si irradiano sottopendio dal punto in cui il corso d'acqua esce da un'area montuosa, ovvero dove cambia il gradiente topografico (RICCI LUCCHI, 1978). Singole conoidi possono congiungersi lateralmente formando conoidi composite o fasce pedemontane.

Nell'ambito di una conoide è possibile distinguere diversi elementi, d'ordine per lo più geomorfologico e sedimentologico, che consentono di zonare il corpo d'accumulo in settori omogenei, a partire dal suo apice. In tal senso, è possibile distinguere settori apicali, intermedi e distali (v. fig. 1.1).

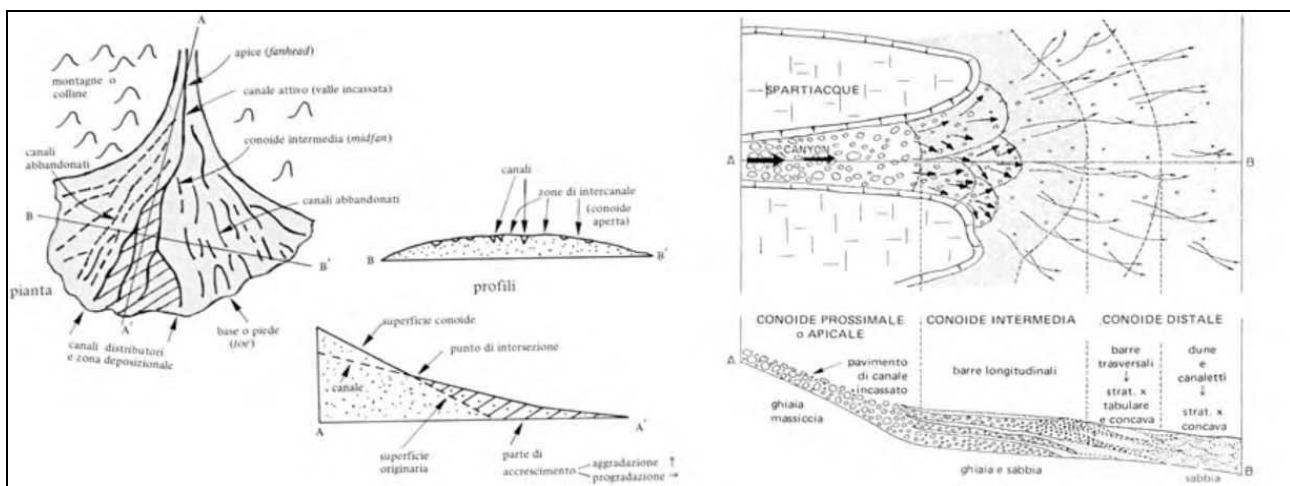


Fig. 1.1 - Morfologia schematica di una conoide alluvionale (RICCI LUCCHI, 1978).

Gli ambienti morfologici di fascia pedemontana rappresentano quindi il luogo di accumulo dei materiali detritici mobilitati, lungo i versanti od in alveo, per fenomeni gravitativi e/o di trasporto fluviale, e rappresentano, dunque, aree con morfodinamica attiva. I fronti montuosi da essi sottesi sono di solito caratterizzati da valori di energia di rilievo e di acclività medio - alte (sia dei versanti che delle aste fluviali).

In questi contesti morfologici i processi di erosione ed accumulo legati alla dinamica dei torrenti montani si esplicano con modalità peculiari e generalmente ad elevato ritmo. Ciò dipende sia dall'andamento annuo delle portate torrentizie, tipicamente intermittente, che dalle suddette caratteristiche morfologiche delle aste e dei bacini idrografici, dove, in risposta a piogge intense, si possono generare improvvise pulsazioni di piena alle sezioni di sbocco. Questi eventi talora si manifestano con estrema violenza, provocando radicali modificazioni degli alvei ed effetti anche rilevanti sulle conoidi ed allo sbocco nelle vallate principali, spesso urbanizzate.

Le conoidi sono quindi delle forme complesse, in quanto in esse si verificano sia processi di aggradazione, per deposizioni successive di materiale, che di erosione, forme che si individuano là dove si verificano delle nette variazioni di pendenza (BLISSENBACH, 1954; BULL, 1977). Infatti, alla base del versante la riduzione dell'acclività causa l'inizio della deposizione del detrito; qui il materiale non scorre più confinato all'interno di un vallone, ma ha la possibilità di muoversi su aree ben più ampie. L'allargamento della zona di trasporto determina una diminuzione nella velocità del moto e l'inizio del conseguente accumulo di materiale. La velocità può rimanere ancora elevata, al punto che il materiale continua ad erodere la parte superficiale dei versanti, asportandone completamente la copertura vegetale. In questo settore può pertanto registrarsi l'azione concomitante dell'erosione e della deposizione di una parte del materiale in movimento; in tal caso sarà più corretto definire tale ambito come zona di erosione-deposito.

Le conoidi si caratterizzano per differenti tipologie di tessiture e strutture sedimentarie, le quali variano in funzione dei meccanismi di trasporto e deposito, e sono influenzate dalla quantità d'acqua disponibile, dall'energia del sistema, dalle litologie dell'area e dalla quantità di sedimenti. In generale, le conoidi sono

suddivisibili in tre gruppi: conoidi che crescono prevalentemente per processi di trasporto fluviale in massa, per processi di trasposto fluviale selettivo ed infine per processi misti. Nei tre diversi casi sono denominate *conoidi detritiche* o da *debris flow*, *conoidi da trasporto fluviale* e *conoidi miste*.

Le conoidi che hanno una genesi per trasporto in massa, con formazione di flussi ad alto contenuto di carico solido, mostrano alcune evidenze morfologiche e sedimentologiche (AULITZKY, 1982; PIERSON & COSTA, 1987; COSTA, 1988; BLAIR & MC PHERSON, 1994a; HUNGR, 2001), tra cui (Fig. 1.2): depositi massivi, caotici, a matrice prevalente, in cui la frazione grossolana è disposta in modo casuale nella matrice più fine (HOOKE, 1987) ed in cui non sono presenti evidenze di stratificazione; ampio fuso granulometrico (dalle argille ai blocchi); clasti con angoli a spigoli vivi o smussati; assenza di orientazione per i clasti di maggiore dimensione; argini laterali costituiti da depositi grossolani e superfici di terminazione lobate; presenza di molti blocchi sulla superficie della conoide; presenza di canali sepolti a forma di "U"; danni alla vegetazione d'alto fusto (cicatrici da impatto e da abrasione).

I fenomeni del tipo debris-flows in genere danno luogo alla deposizione della maggior parte del materiale sulla conoide ed in special modo nella sua parte apicale, con un deposito che presenta gradazione da inversa (alla base) a normale (verso l'alto) della sequenza sedimentaria.



Fig. 1.2 – Evidenze sedimentologiche e geomorfologiche diagnostiche per l'attribuzione di una conoide a processi da debris flow. a) Depositì privi di classazione e di strutture sedimentarie; b) Presenza di blocchi sulla superficie; c) Argine laterale; d) Danni alla vegetazione (le foto b, c, d sono tratte da MARCHI, 2006).

Le conoidi generate da processi di trasporto fluviale selettivo presentano corpi sedimentari stratificati e gradati sia trasversalmente, sia longitudinalmente rispetto all'alveo (BULL, 1977; BLAIR & MC PHERSON, 1994a, 1999a). I depositi più grossolani infatti sono sedimentati nella parte apicale, mentre quelli più fini si rinviengono più a valle. A causa dell'alto valore percentuale della componente liquida, i flussi sono in grado di convogliare fino al corso d'acqua principale rilevanti apporti di sedimenti sottili. In genere danno origine a

pellicole di depositi poco spesse, con assenza di forme quali lobi ed argini. Gli elementi si presentano arrotondati in quanto trasportati per rotolamento e trascinamento.

Nelle conoidi di tipo misto sono evidenti alternanze di forme e depositi indicativi di entrambe le precedenti tipologie e talora attribuibili a frane (colate detritiche).

A ciascuno di questi processi corrispondono flussi dotati di una diversa capacità distruttiva, dal che derivano differenti effetti sulle eventuali strutture antropiche esistenti nella zona pedemontana. In materia di processi geomorfici del tipo flusso/colata è opportuno ricordare che esiste un ulteriore criterio classificativo su base reologica, proposto nel 1987 da PIERSON & COSTA (v. fig. 1.3).

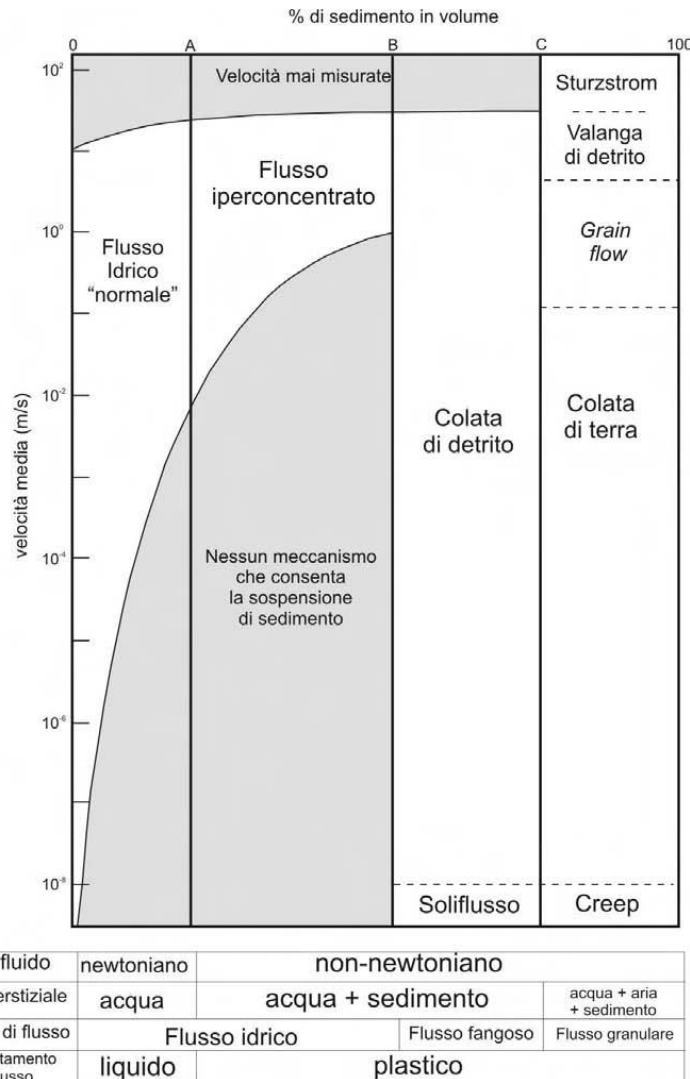


Fig. 1.3 - Principali processi geomorfici del tipo flusso/colata secondo lo schema di PIERSON & COSTA (1987).

3. LE CONOIDI IN CAMPANIA

A partire dal secondo dopoguerra, le aree pedemontane della Campania sono state interessate da un intenso processo di urbanizzazione, senza un'adeguata considerazione degli eventi calamitosi di carattere idraulico e geologico cui queste aree sono soggette (DI GENNARO et al., 2005). Oggi, anche in Campania estesi insediamenti pedemontani sono esposti a scenari di rischio idraulico e geologico, come tristemente confermato dagli eventi calamitosi dell'ultimo decennio, i più gravi dei quali si sono registrati alla base di ripidi versanti interessati da frane in roccia e/o da scorrimenti-colate rapide di detrito ed in corrispondenza di conoidi alluvionali.

Queste ultime si formano allo sbocco di bacini montani nelle aree vallive, per effetto di processi geomorfologici caratterizzati dalla sovrapposizione di lobi distributori, che a loro volta migrano lateralmente lungo il settore pedemontano e conferiscono all'area di conoide un assetto morfologico alquanto regolare ed apparentemente favorevole all'edificazione.

I deflussi superficiali nelle aree di conoide dei rilievi appenninici campani sono generalmente modesti ed associati per lo più ad eventi pluviometrici estremi. Tuttavia, in occasione di piogge brevi e particolarmente intense, le aree di conoide possono essere invase da piene improvvise, associate ad un trasporto di materiale detritico molto intenso, che ne amplifica la capacità distruttiva e le rende estremamente pericolose per l'incolumità delle popolazioni residenti e dell'edificato. Essendo il **periodo di ritorno di questi fenomeni alluvionali elevato (dell'ordine di almeno 20 - 50 anni)**, le popolazioni locali hanno una scarsa coscienza delle effettive condizioni di pericolo e sono indotte ad urbanizzare queste aree, con poca attenzione rispetto ai possibili fenomeni di trasporto superficiale. Non sono rari i casi in cui le naturali vie di drenaggio sono state del tutto cancellate o convertite ad uso del traffico veicolare: in tali casi, nel linguaggio tecnico si adotta l'espressione di **"alvei-strada"**.

Il rischio idraulico e geologico nelle aree di conoide è peraltro destinato ad accentuarsi nei prossimi anni se sarà confermato quanto indicato nell'ultimo rapporto sul cambiamento del clima (IPCC, 2007), che potrebbe determinare per l'area del Mediterraneo una progressiva tropicalizzazione, con conseguente incremento della frequenza di fenomeni pluviometrici molto intensi di breve durata. Per tale motivo anche in Campania diversi Enti pubblici, quali per esempio la Protezione Civile e le Autorità di Bacino, stanno realizzando studi sempre più approfonditi sul rischio idraulico e geologico che contemplano anche i contesti pedemontani, laddove i processi alluvionali sono condizionati dalla presenza di conoidi attive.

Alla base di diversi massicci carbonatici campani sono presenti apparati di conoide attivi, alimentati da bacini imbriferi montani caratterizzati da elevate acclività e da bassi tempi di corrivazione, che in passato hanno già arrecato ingenti danni e numerose vittime.

Emblematico è al riguardo il già citato lavoro di SANTANGELO et al. (2006), che, grazie anche ad un'accurata indagine storico-archivistica ed a confronti cartografici (Fig. 2), hanno definito lo stato di attività ed il connesso livello di pericolosità delle conoidi del Vallo di Diano. Nello stesso lavoro, la relazione tra acclività delle conoidi ed indice di Melton ha trovato una buona correlazione, consentendo di identificare le due tipologie fondamentali di conoidi (Fig. 3).

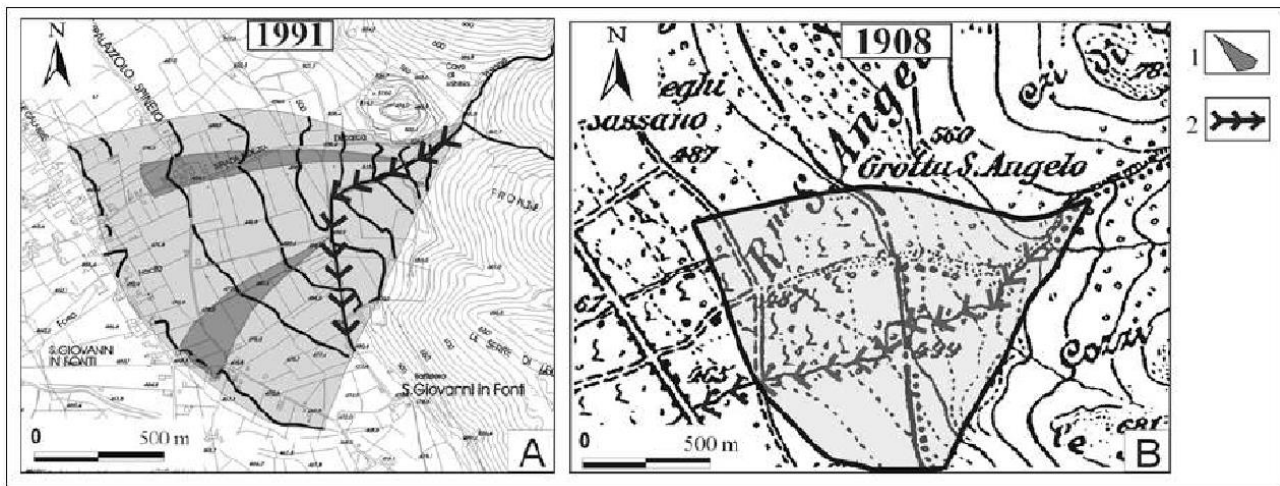


Fig. 2 – Confronto cartografico in un'area pedemontana del Vallo di Diano (SANTANGELO et al., 2006). 1) lobo deposizionale; 2) alveo attivo.

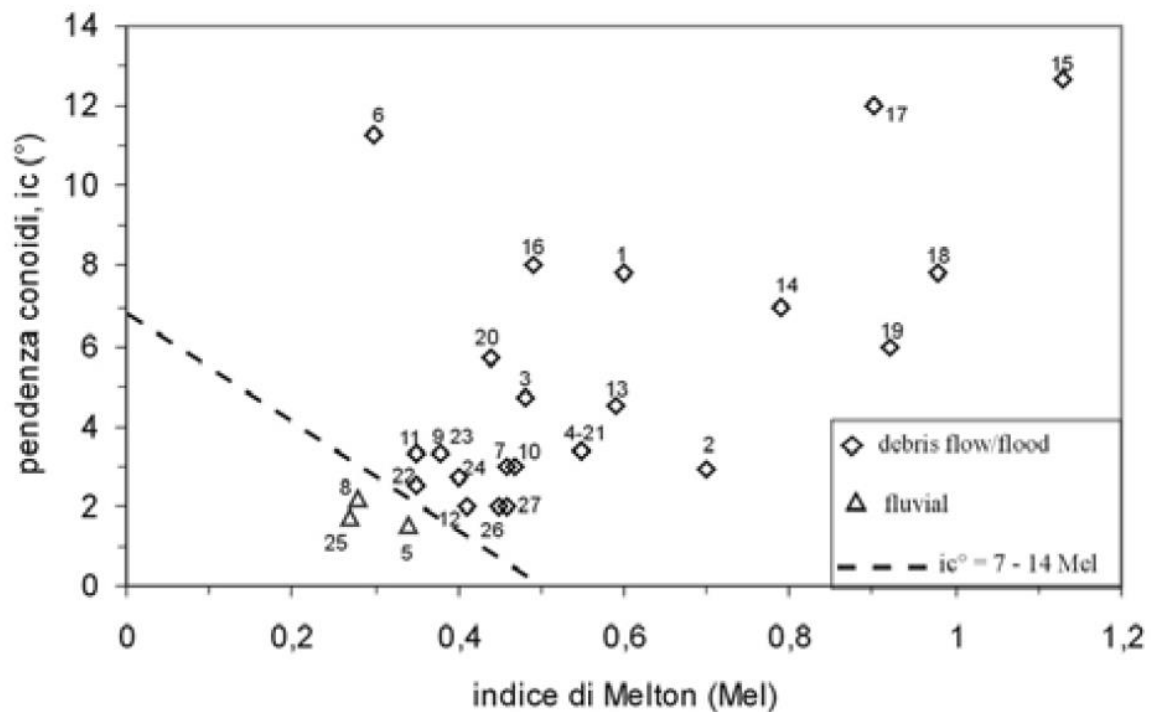


Fig. 3 – Classificazione delle conoidi alluvionali del Vallo di Diano sulla base della pendenza della conoide e dell'indice di Melton (SANTANGELO et al., 2006).

La Campania è una regione di particolare interesse per lo studio delle conoidi anche per la presenza di sistemi vulcanici, la cui attività durante il tardo Pleistocene e l'Olocene ha significativamente interferito con la dinamica morfoevolutiva dei versanti. In un siffatto contesto è di fondamentale importanza la conoscenza della vulcanostratigrafia, le cui tecniche di rilevamento ed interpretazione consentono, tra l'altro, di datare i corpi di accumulo pedemontano.

ZANCHETTA et al. (2004) hanno condotto uno studio stratigrafico e sedimentologico su una decina di conoidi, ubicate a circa 20–30 km dal Somma-Vesuvio e/o dai Campi Flegrei e ripetutamente interessate negli ultimi 40.000 anni dalla deposizione di prodotti piroclastici di età nota (v. fig. 4). Lo studio ha chiaramente messo in risalto il contributo che fenomeni quali colate detritiche o flussi iperconcentrati hanno svolto nell'accrescimento delle conoidi studiate (V. fig. 5).

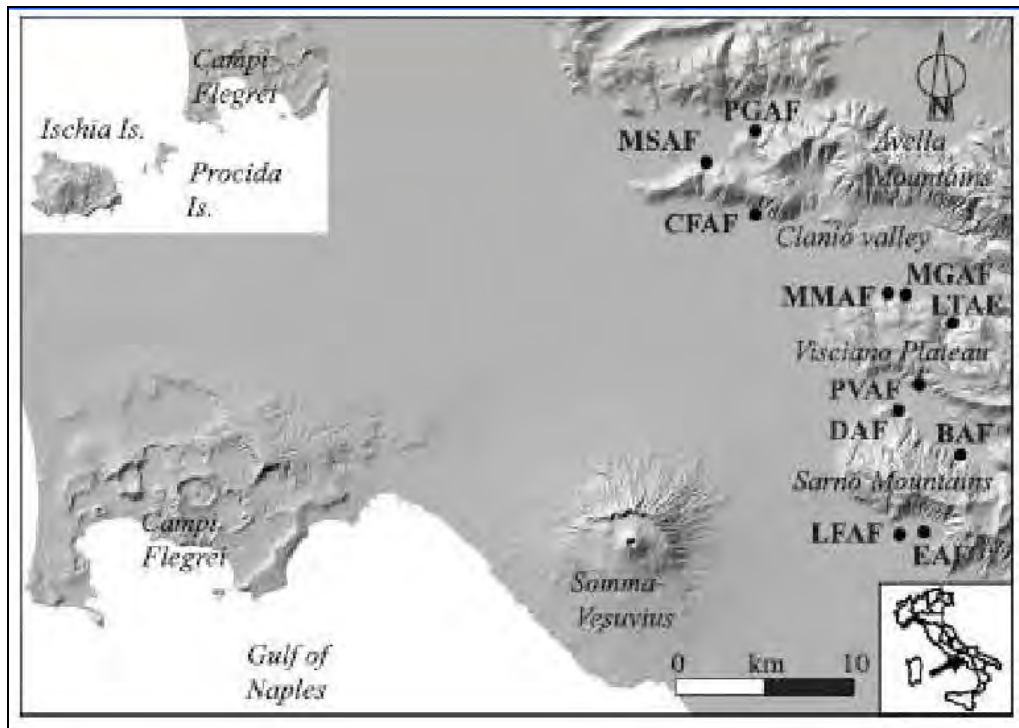


Fig. 4 – Ubicazione delle conoidi studiate da ZANCHETTA et al. (2004). BAF: Bosagro; CFAF: Castel Fellino; DAF: Domicella; EAE: Episcopio; LFAF: La Foce; LTAF: Lago di Trulo; MGAf: Masseria Gragnano; MMAF: Masseria Montemauro; MSAF: Masseria Spena; PGAF: Piano Grande; PVAf: Pago del Vallo.

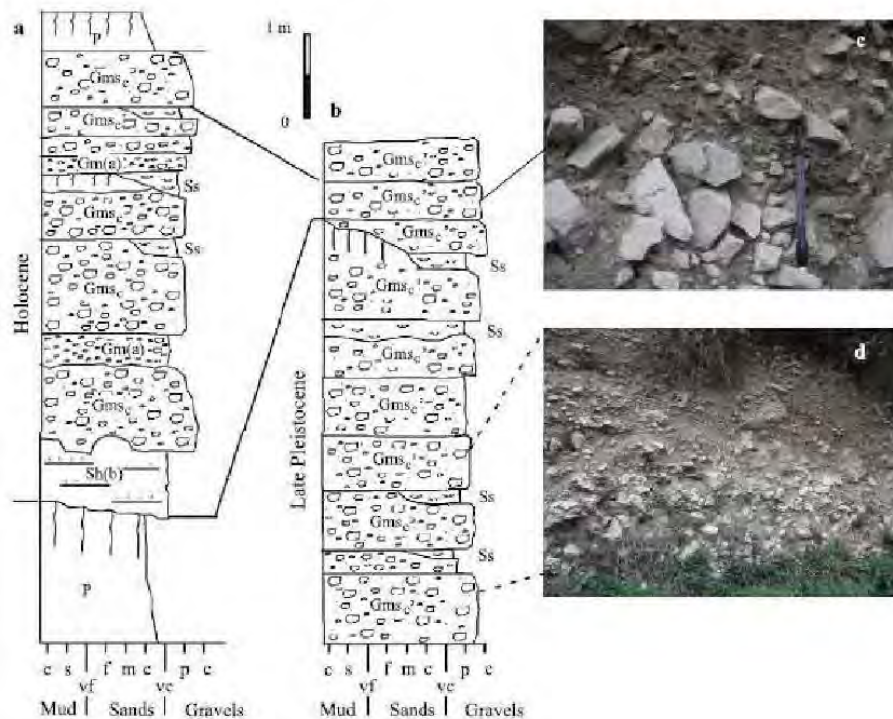


Fig. 5 – Conoide di Piano Grande (PGAF). a), b) Colonne stratigrafiche schematiche delle conoidi tardo pleistoceniche ed oloceniche. c), d) Litofacies Gmsc, indicativa di colate alimentate da detrito carbonatico (ZANCHETTA et al., 2004).

4. REOLOGIA DELLE COLATE DETRITICHE

Lo studio del comportamento dei fluidi in funzione delle loro caratteristiche di deformazione e deformabilità prende il nome di reologia.

Il movimento dei fluidi viene analizzato esaminando i loro spostamenti e le deformazioni in funzione del tempo. In generale vengono sfruttati tre principi fondamentali: conservazione della massa, conservazione dell'energia, conservazione della quantità di moto; a questi si affiancano le equazioni costitutive che descrivono le proprietà fisiche dei fluidi sotto varie condizioni e stati.

Le dissipazioni di energia di un fluido in movimento sono dovute alla presenza di tensioni tangenziali interne al fluido e al contatto del fluido con il contorno su cui si muove. Anche le parti non isotropiche delle tensioni normali conducono a delle dissipazioni di energia, ma nella maggior parte dei casi esse sono poco significative se confrontate con quelle dovute alle tensioni tangenziali. Queste ultime possono avere origine viscosa e turbolenta.

Le tensioni turbolente sono correlate alla velocità di agitazione turbolenta che inducono trasferimenti di quantità di moto tra strati fluidi a diversa velocità media di trasporto (tensioni di Reynolds). Le tensioni viscose, invece, sono correlate, mediante il coefficiente di viscosità, alle velocità angolari di deformazione delle particelle fluide (tensioni di Newton). Queste due tipologie di tensioni tangenziali determinano inoltre il regime laminare e turbolento del moto di un fluido: nel primo caso prevalgono le tensioni di origine viscosa e il moto del fluido avviene per lamine o strati con una lenta diffusione a livello molecolare. Nel regime turbolento le tensioni tangenziali sono prevalentemente di origine turbolenta ed il moto del fluido non avviene più per lamine ma in modo caotico con una rapida diffusione a livello delle particelle fluide. Le condizioni per le quali il regime è laminare o turbolento dipendono dalla velocità del fluido, dalla geometria e forma del mezzo in cui il flusso si propaga.

Nel caso di colate di fango o di detrito risulta assai difficile comprendere a che tipo di regime fa riferimento il flusso in quanto non sembrano più valere i parametri tipici impiegati in presenza di trasporto solido e di correnti liquide a basse concentrazioni solide (Locat, 1997); ***in questo caso, quando le concentrazioni solide nel fluido superano circa il 9% in volume (Bagnold, 1954), sembra più corretto impiegare il regime individuato dai modelli reologici che fanno riferimento alle caratteristiche viscose o granulo-inerziali del mezzo.***

La viscosità è una proprietà caratteristica dei fluidi e fornisce una misura della resistenza che essi oppongono al moto di scorrimento di lamine fluide adiacenti. La viscosità dei fluidi varia al variare della temperatura e delle pressioni. Tale fenomeno per i fluidi è prevalentemente dovuto alle forze di coesione tra le molecole, causa principale della viscosità. Un fenomeno, invece, non attribuibile alla viscosità ma alla condizione di aderenza è quello per cui, indipendentemente dalla forma delle distribuzioni delle velocità, le particelle immediatamente a contatto con la superficie di scorrimento del fluido aderiscono alla superficie e non scorrono rispetto ad essa.

4.1 Modelli reologici utilizzati per rappresentare le colate detritiche

La reologia di un fluido o di una miscela acqua-sedimento può essere analizzata dalle misure dello sforzo tangenziale a vari ordini di deformazione angolare, du/dy , dove du è la variazione infinitesima di velocità e dy è la distanza infinitesima lungo la normale alla direzione del moto. Con un fluido a bassa concentrazione di sedimento, questa equazione dello sforzo di deformazione è lineare con l'intercetta all'origine questa matrice acqua-sedimento viene chiamata fluido Newtoniano (Fig. 6).

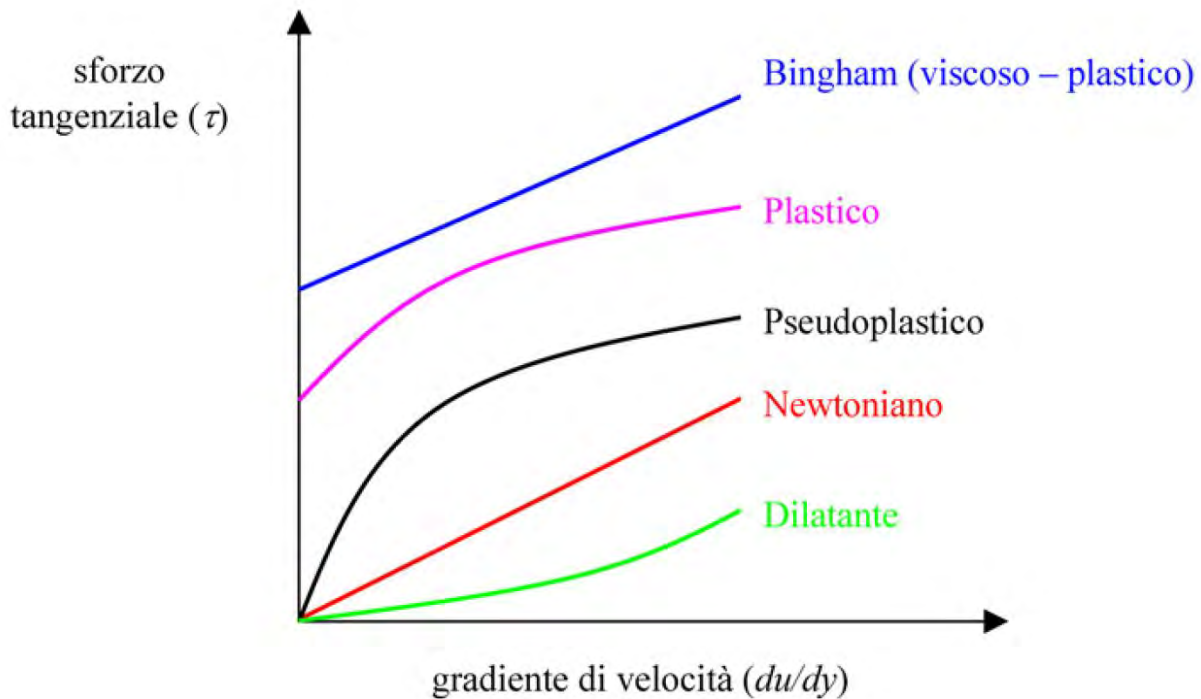


Figura 6 - Reogramma per diversi tipi di fluido.

La viscosità del composto, definita come l'inclinazione dell'equazione che lega il gradiente di velocità allo sforzo tangenziale, aumenta con l'aumentare della concentrazione di sedimento (Thomas, 1963; Happel e Brenner, 1965). Ad alte concentrazioni, la matrice del fluido può resistere allo sforzo tangenziale grazie alla resistenza dovuta alla coesione tra le particelle di sedimento. Un valore limite dello sforzo tangenziale, chiamato sforzo iniziale (T_0) deve essere superato prima che il fluido si possa muovere. Un fluido con un dato valore di sforzo iniziale viene detto non-Newtoniano. In accordo con l'esperimento di Fei (1981), la concentrazione critica alla quale un composto acqua-sedimento diventa un fluido non-Newtoniano è strettamente legata al contenuto di sedimento fine (0.01 mm). Nello studio svolto da O'Brien e Julien (1986), la matrice del fluido si riferisce ad una sospensione di sedimento fine con diametro minore di 0.072 mm (particelle di limo e argilla).

Il comportamento di una colata detritica è stato descritto mediante differenti modelli reologici. I principali rintracciabili in letteratura e di maggior interesse sono i seguenti:

1. modello viscoso-newtoniano;
2. modello viscoso-plastico;
3. modello dilatante;
4. modello di Voellmy;
5. modello reologico quadratico.

Di seguito verrà descritta la teoria riguardante ogni singolo modello reologico.

1) modello viscoso-newtoniano

Il modello di fluido viscoso newtoniano o modello viscoso lineare è il modello più semplice per la descrizione delle colate detritiche. La resistenza dell'acqua a subire una deformazione è sintetizzata dalla seguente espressione:

$$\tau = \mu_N \frac{du}{dy} \quad (3.1)$$

dove T è la resistenza al taglio, μ_N la viscosità dinamica, u la velocità ed y la profondità della corrente.

Lo sforzo di taglio, per un flusso laminare e stazionario su un pendio infinito, è:

$$\rho_s g y \sin \psi = \mu_N \frac{du}{dy} \quad (3.2)$$

dove ρ_s è la densità del sedimento, g è l'accelerazione di gravità e ψ l'inclinazione del pendio infinito.

Integrando per $u = 0$ alla profondità $y = y_d$ si ha la distribuzione della velocità (u) per un fluido newtoniano:

$$u = \frac{\rho_s g \sin \psi}{2\mu_N} (y_d^2 - y^2) \quad (3.3)$$

Il profilo di velocità è di tipo parabolico con un valore di velocità massima (u_{\max}) in prossimità della superficie:

$$u_{\max} = \frac{\rho_s g \sin \psi}{2\mu_N} y_d^2 \quad (3.4)$$

Se da un lato il modello laminare newtoniano presenta degli indubbi vantaggi dovuti alla semplicità, dall'altro non spiega né la formazione di argini e lobi su pendenze relativamente alte (superiori a 10°; 18%), né la presenza del "plug" rigido che si osserva spesso in un debris flow, né la gradazione inversa che, a volte, mostrano i depositi.

L'acqua presente all'interno della miscela solido-liquida si comporta come un fluido newtoniano solo fino a quando il sedimento è presente in quantità che non eccede il 9% circa in volume. Concentrazioni più elevate alterano le caratteristiche del fluido a causa delle collisioni fra particelle ed inoltre la viscosità dinamica (μ_N) non è più costante, ma varia in relazione alla velocità di deformazione (du/dy). Per elevate concentrazioni di sedimento è necessario sia superata la resistenza al taglio prima che avvenga una qualsiasi deformazione.

2) modello viscoso-plastico

Noti i limiti del modello fluido viscoso newtoniano diversi autori hanno sviluppato dei modelli rigorosi, ma anche più complessi. Johnson (1970) ha sviluppato un modello reologico di tipo viscoso-plastico per meglio spiegare alcuni aspetti del movimento delle colate detritiche. Questo modello è basato su osservazioni di campo, ma anche su esperimenti condotti in laboratorio in canaletta artificiale; secondo questo modello la resistenza opposta al flusso (o resistenza alla deformazione) di una colata detritica è funzione della coesione, dell'angolo di attrito interno e della viscosità. La resistenza al flusso è esercitata, sia in condizioni statiche, sia in condizioni dinamiche, dalla coesione e dall'angolo di attrito interno, mentre la viscosità influenza la resistenza al flusso solo durante il moto. Le equazioni di base di questo modello sono l'equazione di Coulomb e quella del fluido newtoniano viscoso:

$$\tau = c + \sigma \tan \varphi \quad (3.5)$$

dove τ è lo sforzo di taglio, c è la coesione, σ lo sforzo normale e φ l'angolo di attrito.

Le due equazioni combinate assumono la seguente forma:

$$\tau = c + \sigma \tan \varphi + \mu_N \frac{du}{dy} \quad (3.6)$$

Esprimendo la resistenza limite al taglio della colata detritica (Eq. 2.5) con T_0 e riscrivendo l'equazione 3.6 secondo il modello viscoso-plastico di Bingham si ottiene:

$$\tau = \tau_0 + \mu_B \frac{du}{dy} \quad (3.7)$$

dove T_0 è la resistenza limite al taglio e μ_B è la viscosità di Bingham.

Adottando l'equazione 3.7 il piano di rottura o scivolamento si realizzerà alla profondità y_0 espressa dalla seguente relazione:

$$y_0 = \frac{\tau_0}{\rho_s g \sin \psi} \quad (3.8)$$

mentre la distribuzione della velocità del flusso (u) di un materiale visco-plastico di Bingham in moto su un piano inclinato sarà data da:

$$u = \frac{1}{\mu_B} \left[\frac{\rho_s g \sin \psi}{2} (y_d^2 - y^2) - K(y_d - y) \right] \quad (3.9)$$

dove K esprime la resistenza al taglio.

Come si può osservare nella figura 7, la distribuzione di velocità è di tipo parabolico tra y_0 e y_d , mentre al di sopra del piano di scivolamento la resistenza limite non è superata (τ_0) e quindi il materiale si muove con una velocità uniforme in assenza di deformazione interna (*rigid plug*).

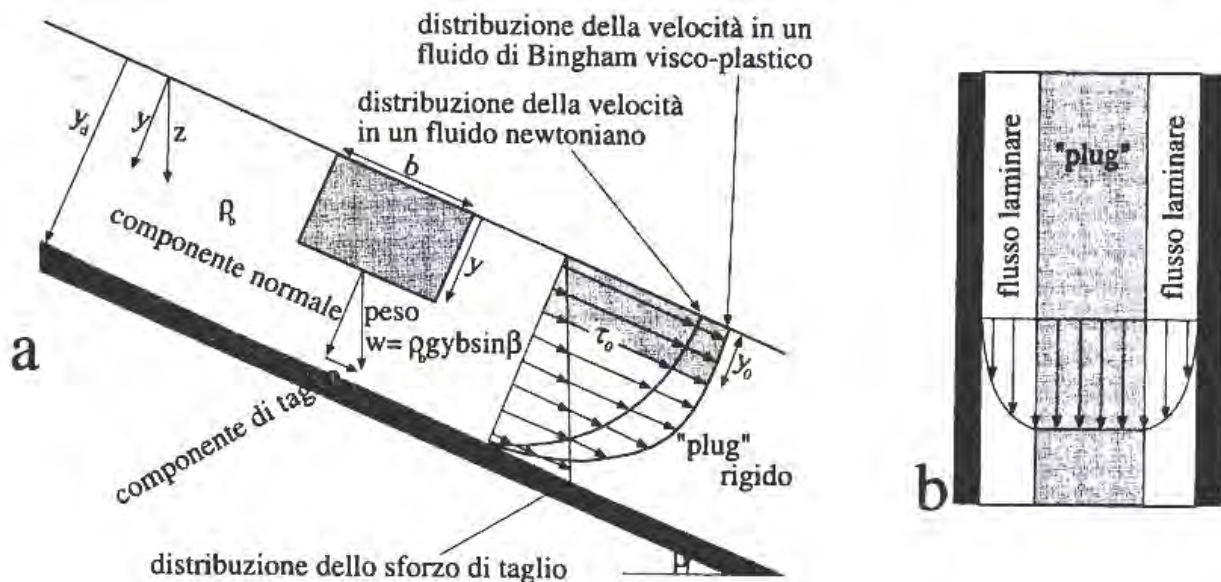


Figura 7- a) distribuzione dello sforzo di taglio e della velocità per un fluido newtoniano e viscoso plastico di Bingham su pendio infinito;

b) distribuzione di velocità sulla superficie di un debris flow (Marchetti, 2000).

I modelli visco-plastici di Coulomb e Bingham spiegano alcune caratteristiche dei debris flow quali, ad esempio, l'esistenza di una regione centrale della corrente, dove lo sforzo tangenziale è inferiore alla resistenza al taglio, cosicché in questa regione non avviene alcuna deformazione (*rigid plug*). Questa zona rigida, limitata lateralmente da zone più o meno larghe soggette a flusso laminare, è stata osservata e descritta da diversi autori e, inoltre, spiega la caratteristica forma ad U assunta dal canale dopo il passaggio di una colata. Anche la formazione di argini e lobi laterali su pendenze relativamente elevate può essere spiegata in termini di resistenza del materiale: quando lo spessore del flusso si assottiglia, sino ad un valore minimo critico y_0 , il debris flow si arresta. Distribuzioni di velocità che concordano con il modello di flusso di Bingham sono state misurate sia su correnti sperimentali sia in colate detritiche naturali (Marchetti, 2000).

Una formulazione diversa per i fluidi quasi-plastici fu data da Herschel e Bulkley (1926) secondo i quali lo sforzo tangenziale di resistenza al moto era proporzionale ad un coefficiente K di consistenza del mezzo. Il fluido, dopo il raggiungimento di uno sforzo tangenziale di soglia, si deforma in modo non-newtoniano.

La formulazione analitica è la seguente:

$$\tau = \tau_0 + K \dot{\gamma}^\eta \quad (3.10)$$

dove K è un coefficiente di consistenza maggiore di zero, $\dot{\gamma}$ esprime il gradiente di velocità (du/dy) ed η è un esponente compreso tra 0 e 1 che assume normalmente valori tra 0.3 e 0.6. Se l'esponente $\eta = 1$ e K tende al valore μ_B si ottiene l'equazione 3.7 che rappresenta il fluido plastico di Bingham. Nel caso sia $\eta < 1$ siamo in presenza di un fluido pseudo-plastico che, comunque, necessita di uno sforzo tangenziale di soglia per rompere la struttura coesiva del materiale.

La formula di Herschel-Bulkley rappresenta per i fluidi visco-plastici una combinazione del modello di Bingham con quello della legge di potenza. Questo modello, denominato anche modello visco-plastico non lineare, sembra più appropriato per descrivere le colate di fango (mud flows) e quelle con matrice fangosa abbondante, sia per alte che per basse concentrazioni solide ed è in grado di rappresentare dati sperimentali in un'ampia gamma di valori di deformazione.

I fluidi pseudo-plastici possono essere anche rappresentati in forma analitica mediante la legge di potenza (power law), relazione generale che è in grado di rappresentare anche i fluidi newtoniani e dilatanti e si presenta nel seguente modo:

$$\tau = K \dot{\gamma}^\eta \quad (3.11)$$

in cui K è un coefficiente che indica la consistenza del fluido (più elevato è il valore di K più il fluido è viscoso) e le cui dimensioni dipendono dal valore di η . L'esponente η è un indice del comportamento non-newtoniano del fluido: più il valore di η si discosta da 1 più il fluido ha un comportamento non-newtoniano. Per $\eta = 1$ e K tendente a μ_N si ha un fluido newtoniano e si ottiene l'equazione 3.1; per $\eta < 1$ il fluido di tipo pseudo plastico mentre, per $\eta > 1$ si ha un fluido dilatante.

3) modello dilatante

Takahashi (1978, 1980, 1981) ha formulato un modello di movimento del debris flow basato sul concetto, introdotto da Bagnold (1954), di pressione dispersiva causata dalla collisione tra particelle; questo modello è detto dilatante. Tra le altre cose, esso spiega in modo qualitativo la gradazione inversa che caratterizza i depositi di debris flow. Gli esperimenti condotti in laboratorio da Bagnold dimostrarono che quando una miscela con una concentrazione relativamente alta di solidi granulari è in movimento, le particelle più grossolane tendono a migrare verso la superficie. Questo risulta dal sollevamento prodotto quando, per effetto di collisioni, vengono trasmesse forze tra le particelle. Bagnold chiamò pressione dispersiva (p) questa forza di sollevamento e trovò che essa è direttamente proporzionale al quadrato del diametro di una particella ed al gradiente di velocità:

$$p = 0.042 \delta D^2 \left(\frac{du}{dy} \right)^2 \cos \phi \quad (3.12)$$

dove ϕ è l'angolo di attrito interno dinamico, D è il diametro della particella e δ è la concentrazione lineare dei granuli. δ è espressa dalla seguente equazione:

$$\delta = \frac{C_v^{1/3}}{(C_{\max})^{1/3} - C_v^{1/3}} \quad (3.13)$$

dove C_v è la concentrazione di volume e C_{\max} è la massima concentrazione possibile.

Un aumento del diametro della particella comporterebbe un aumento della pressione dispersiva; poiché quindi le forze dispersive agiscono più intensamente sulle particelle più grosse e nelle zone dove lo sforzo di

taglio è massimo, i blocchi più grossolani tendono a migrare verso il fronte e verso la superficie del debris flow. Questo è quanto si osserva comunemente nei depositi da colata detritica.

In questo modello integrando con $u = 0$ alla profondità $y = y_d$ (Fig. 7) la distribuzione della velocità risulta:

$$\frac{u_s - u}{u_s} = \left(1 - \frac{y}{y_d}\right)^{3/2} \quad (3.14)$$

dove u_s è la velocità alla superficie, u è la velocità alla profondità y e y_d è la profondità media del flusso.

4) modello di Voellmy

Il modello reologico di Voellmy (Voellmy, 1955; Salm et al. 1990) è stato sviluppato inizialmente per le valanghe di neve dove il moto del fluido è in funzione del peso specifico del fluido e di due parametri, il coefficiente di attrito cinematico (μ) e di turbolenza (ξ), che rappresentano le tensioni frizionali e collisionali del mezzo. Esso è un modello a centro di massa (o di tipo puntuale) alla cui base vi è l'ipotesi di poter analizzare la dinamica di una valanga attraverso lo studio del moto del suo baricentro lungo una traiettoria predefinita, rappresentata dal profilo longitudinale del pendio.

L'unico grado di libertà è pertanto rappresentato dall'ascissa curvilinea che definisce in ogni istante la posizione del baricentro lungo una traiettoria nota a priori. L'ipotesi alla base del modello di Voellmy è quella di ritenere che il moto di una valanga nella zona di scorrimento abbia caratteristiche analoghe a quelle delle correnti idrauliche stazionarie a pelo libero. La valanga è quindi assimilata, limitatamente alla zona di scorrimento, ad un fluido incompressibile in condizioni di moto stazionario. Nel modello di Voellmy la geometria reale del pendio viene fortemente semplificata, attraverso due tratti a pendenza costante rappresentativi rispettivamente della zona di scorrimento e della zona di arresto (Fig. 8).

Alla suddivisione del pendio in due tratti distinti corrisponde anche una descrizione "ibrida" del fenomeno. In particolare mentre nella parte superiore del percorso (zona di scorrimento) si utilizza un approccio di tipo fluidodinamico al fine di valutare la velocità massima raggiunta dalla valanga, nella parte inferiore (zona di arresto) la determinazione della distanza necessaria alla valanga per arrestarsi è ottenuta ritenendo il suo moto assimilabile a quello di un corpo rigido.

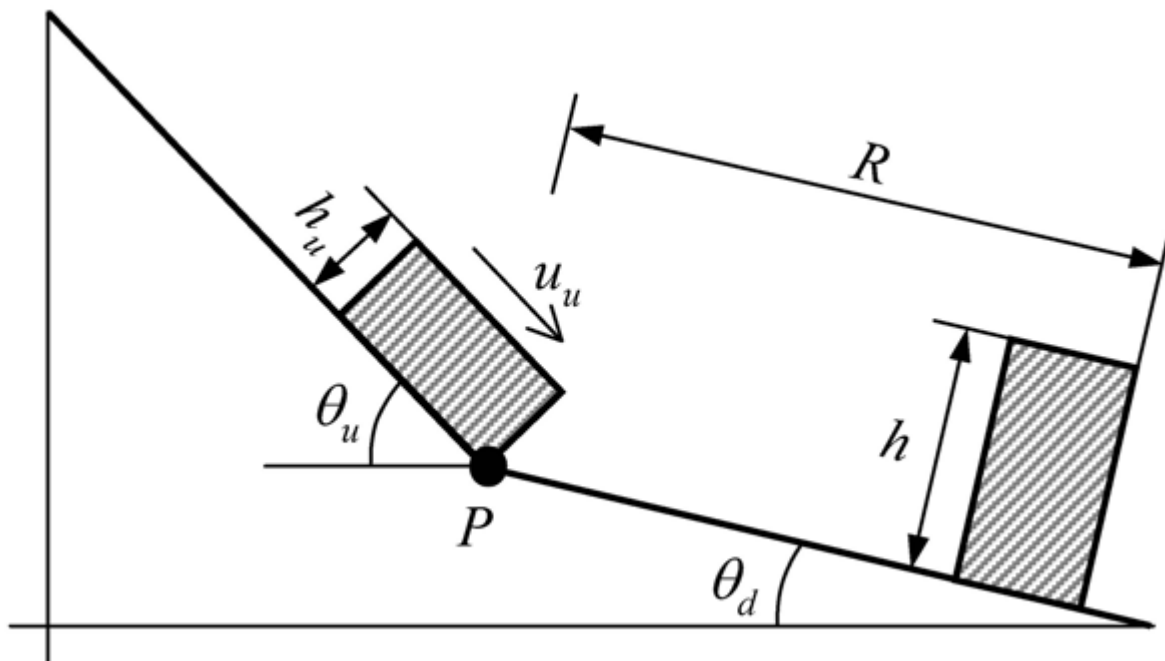


Figura 8 - Altezze, velocità e pendenze caratteristiche del modello di Voellmy (il punto P, che divide zona di scorrimento e zona di arresto è usualmente definito dalla relazione $\tan \theta (P) = \mu$).

Nella zona di scorrimento il modello ipotizza che la valanga, dopo un breve “transitorio” accelerativo iniziale, raggiunga una condizione di moto a regime caratterizzata da una velocità limite (si deve notare che tra le varie ipotesi del modello c'è anche quella di ritenere i transitori brevi e quindi di ammettere che la valanga sia in grado di pervenire ad una condizione di moto a regime dopo avere percorso ridotte distanze). In queste particolari condizioni di moto a cui conducono le ipotesi del modello, il bilancio di quantità di moto si traduce in una condizione di equilibrio tra le forze in gioco e, con riferimento ad una colonnina di fluido di area unitaria, può essere scritto come:

$$F_s = \rho_m g h_u \sin \theta_u = F_R \quad (3.14)$$

dove F_s è la componente del peso della colonnina in direzione parallela al pendio, h_u è l'altezza di scorrimento della valanga, ρ_m è la densità della valanga, θ_u è la pendenza media della zona di scorrimento e F_R è l'insieme degli effetti resistivi al fondo. Per la descrizione di questi ultimi Voellmy adottò la formula di Chezy corretta con l'aggiunta di una componente resistiva di tipo Coulombiano (indipendente quindi dalla velocità ma legata unicamente alla componente normale al carico esterno). La forza complessiva al fondo per unità di area viene quindi espressa tramite la seguente relazione:

$$F_R = \frac{\rho_m g}{\xi} u_u^2 + \mu \rho_m g h_u \cos \theta_u \quad (3.15)$$

valida per il moto di versante, il cui coefficiente di Chezy è sostituito dal coefficiente di attrito turbolento ξ e μ indica il coefficiente di attrito Coulombiano (nel caso di moto incanalato nell'equazione 3.16 al posto dell'altezza dello strato nevoso è introdotto il raggio idraulico). I due parametri d'attrito sono dipendenti dalle proprietà della neve, dalla scabrezza del tracciato e dal volume di partenza. In base all'equazione 3.16, la pendenza di attrito S_e è data da:

$$S_e = \mu \cos \theta_u + \frac{u_u^2}{\xi h_u} \quad (3.16)$$

Sebbene lo sforzo di deformazione sia pari a zero, lo sforzo longitudinale relativo al *plug* rigido esiste e la resistenza all'espansione (attiva) o alla compressione (passiva) è data dal valore di pressione attiva (λ_a) o passiva (λ_p) posseduto dalla massa valanghiva che è espresso dalla seguente equazione:

$$\lambda_{a,p} = \tan^2 \left(45^\circ \pm \frac{\Phi}{2} \right) \quad (3.17)$$

dove Φ è l'angolo di attrito interno del materiale costituente la massa in movimento. L'equazione 3.18 non prende in considerazione l'influenza della coesione della neve.

L'analisi del fenomeno di arresto è effettuata con riferimento al moto decelerato di un corpo rigido su un tratto a pendenza costante ($\tan \theta_d < \mu$), con il quale a priori si è descritta in modo semplificato la parte del pendio in cui si ritiene che la valanga rallenti fino ad arrestarsi (Fig. 8). La valutazione della distanza di arresto R è fatta mediante un bilancio energetico, in cui il lavoro delle forze resistive (attrito turbolento e Coulombiano) dovrà eguagliare la dissipazione di energia cinetica e potenziale.

L'espressione proposta da Voellmy (1955) per il calcolo della distanza di arresto è la seguente:

$$R = \frac{u_u^2}{\left[2g \left(\mu \cos \theta_d - \sin \theta_d \right) + \frac{u_u^2 g}{\xi h} \right]} \quad (3.19)$$

in cui l'altezza caratteristica del tratto di scorrimento (h_u) è stata sostituita con il valore che rappresenta l'altezza media dei depositi (h).

Nel modello di Voellmy (Eq. 3.17) i parametri da definire sono il coefficiente di attrito cinematico (μ) e quello di attrito turbolento (ξ). Dall'analisi dei dati di letteratura (Hung, 1995; Hung e Evans, 1996, 1997;

Rickenmann e Koch, 1997; Ayotte e Hungr, 2000; Evans et al., 2001) è stato possibile realizzare la tabella 1. Da quest'ultima si può ricavare che, passando dalla valanga di roccia alla colata fangosa viscosa, il valore minimo del coefficiente di attrito cinetico si incrementa secondo una funzione di tipo esponenziale o parabolico, mentre il valore massimo del coefficiente di attrito turbolento diminuisce quasi linearmente. Tale trend risulta in accordo con i fenomeni fisici che caratterizzano le tipologie di flusso.

Tipologia di flusso	Angolo di attrito del materiale φ (°)		Coefficiente di attrito cinetico $\mu (= \tan \varphi)$		Coefficiente di attrito turbolento ξ (m/s ²)	
	min	max	min	max	min	max
Valanga di roccia	0.1	5.7	0.0025	0.10	125	1000
Valanga di detrito	1.1	13.5	0.02	0.24	80	930
Colata detritica inerziale	1.7	11.3	0.03	0.20	200	800
Colata detritica di transizione inerziale-viscosa	2.9	11.3	0.05	0.20	100	700
Colata detritica viscosa	5.7	11.3	0.10	0.20	200	500
Colata fangosa viscosa	11.3	-	0.15	-	-	400

Tabella 1. Valori dei parametri di attrito cinetico e turbolento nel modello di Voellmy modificato per alcune tipologie di flusso.

Ayotte e Hungr (2000) hanno proposto un criterio empirico per determinare il valore del coefficiente di turbolenza ξ :

- nel caso di veri e propri fenomeni di colate detritiche, confinate, molto sature e con elevate pendenze, il coefficiente di turbolenza è generalmente molto basso (per esempio minore di 400 m/s²). Questo perché il coefficiente di turbolenza è un parametro inverso: un incremento del suo valore si traduce in una diminuzione degli effetti turbolenti e in un aumento della velocità di scivolamento, determinando una maggiore mobilità dell'ammasso;
- al contrario, un movimento instabile al limite tra un debris flow e una valanga di detrito, con minore saturazione e confinamento, avrà un coefficiente di turbolenza molto elevato (orientativamente maggiore di 700-800 m/s²);
- un miscuglio con saturazione intermedia richiede l'uso di valori intermedi del coefficiente di turbolenza (orientativamente tra 400 e 700 m/s²).

In alcuni casi modellati (Ayotte e Hungr, 2000), in presenza di colate detritiche naturali di piccola-media entità, è stato notato come, all'aumentare dei volumi mobilitati, il coefficiente di turbolenza rimanga costante mentre l'angolo di frizione tenda a diminuire. Tale comportamento "anomalo" è dovuto, essenzialmente, alla tipologia di materiale.

5) modello reologico quadratico

Il modello reologico quadratico (O'Brien e Julien, 1985, 1988; Julien e Lan, 1991; O'Brien et al., 1993) è impiegato nel programma di calcolo FLO-2D (O'Brien, 2003).

Quest'ultimo è un modello idraulico bidimensionale a fondo fisso (nel caso di colate) oppure mobile (nel caso di trasporto solido).

Esso è utilizzabile per simulare il flusso dell'acqua in corsi d'acqua anche di notevole larghezza o per la simulazione di flussi non-Newtoniani in aree di conoide. Il modello, ricevendo come input uno o più "idrogrammi di piena" ed utilizzando un approccio completamente dinamico, predice l'area di inondazione, la velocità e lo spessore del flusso dell'acqua o dei detriti per ogni cella in cui la topografia è stata discretizzata.

Lo sforzo tangenziale in flussi iperconcentrati, inclusi quelli descritti come colate detritiche o colate di fango, può essere calcolato in funzione del gradiente di velocità (du/dy) per mezzo del modello reologico quadratico (O'Brien e Julien, 1988):

$$\tau = \tau_y + \mu_N \left(\frac{du}{dy} \right) + C \left(\frac{du}{dy} \right)^2 \quad (3.20)$$

dove:

$\tau_y = c + \sigma \tan \Phi$, ovvero lo sforzo coesivo e lo sforzo di Mohr-Coulomb;

μ_N = viscosità dinamica;

$$C = \rho_m l_2 + f(\rho_m, C_v) D^2$$

Quest'ultimo termine rappresenta il coefficiente dello sforzo inerziale, che dipende dalla densità della miscela ρ_m , dalla lunghezza di mescolamento di Prandtl (l), dal diametro del sedimento D e da una funzione della concentrazione volumetrica del sedimento C_v .

In sostanza, i primi due termini nell'equazione 2.20 sono attribuiti allo sforzo tangenziale di Bingham. L'ultimo termine è la somma dello sforzo tangenziale dispersivo e turbolento, che è una funzione del quadrato del gradiente di velocità.

Per parametrizzare tutti i termini dello sforzo tangenziale che vengono usati in FLO- 2D la relazione dello sforzo tangenziale è integrata sulla profondità e riscritta come una pendenza di dissipazione energetica:

$$S_e = S_y + S_{visc} + S_{td} \quad (3.21)$$

dove la pendenza energetica complessivamente dissipata S_e è la somma delle seguenti componenti: la pendenza S_y legata a τ_y ; la pendenza viscosa S_{visc} ; la pendenza turbolento-dispersiva S_{td} . Queste due ultime pendenze sono rappresentate in termini di velocità u mediata sulla profondità del flusso (h_f). S_y , S_{visc} e S_{td} vengono rispettivamente esplicitate mediante la relazione:

$$S_e = \frac{\tau_y}{\gamma_m h_f} + \frac{K \mu_N}{8 \gamma_m} \frac{u}{h_f^2} + \frac{n_{td}^2 u^2}{h_f^{4/3}} \quad (3.22)$$

dove γ_m è il peso specifico della miscela di sedimento.

Il parametro di resistenza K per fluidi laminari è uguale a 24 per canali larghi e lisci ma può aumentare significativamente, secondo O'Brien (2003), per scabrezze elevate e sezioni irregolari. La scabrezza turbolento-dispersiva (n_{td}) aumenta per concentrazioni molto elevate a causa dell'incremento degli sforzi tangenziali che risultano dal contatto tra le particelle di sedimento. Questo incremento viene esplicitato da una funzione esponenziale della concentrazione del sedimento:

$$n_{td} = n b e^{m C_v} \quad (3.23)$$

dove n è la scabrezza di Manning per acqua pulita, b è un coefficiente pari a 0.0538 e m è un esponente di valore pari a 6.09.

Una soluzione dell'equazione 3.22 è stata formulata in FLO-2D per il calcolo della velocità nell'equazione di conservazione della quantità di moto. La velocità stimata rappresenta la velocità del flusso calcolata attraverso ogni lato della griglia o del canale usando la media profondità del flusso tra gli elementi. Si possono assumere valori ragionevoli di K e dell' n di Manning per la resistenza al moto nel canale e sulla

floodplain. Il peso specifico della matrice fluida γ_m aumenta con la concentrazione del sedimento. Lo sforzo τ_y e la viscosità μ_N variano principalmente con la concentrazione del sedimento. Qualora non fosse disponibile un'analisi reologica del materiale depositato dalla colata, per calcolare rispettivamente la viscosità e lo sforzo tangenziale possono essere usate le seguenti relazioni empiriche:

$$\tau_y = \alpha_1 e^{\beta_1 C_v} \quad (3.24)$$

$$\mu_N = \alpha_2 e^{\beta_2 C_v} \quad (3.25)$$

dove α_1 e α_2 e β_1 e β_2 sono coefficienti empirici definiti in laboratorio (O'Brien e Julien, 1988). La viscosità e lo sforzo prodotto vengono rappresentati in funzione della concentrazione di sedimento CV di limo, argilla e in alcuni casi, di sabbia fine e non considerano i clasti più grossolani trasportati dalla corrente. La viscosità di correnti iperconcentrate è funzione della proprietà della matrice fluida che comprende la concentrazione del sedimento, la percentuale e il tipo di limo e argilla e la temperatura del flusso. Colate di fango viscosi hanno un'alta concentrazione e di conseguenza un alto valore di sforzo di taglio generato e possono comportarsi come un flusso laminare. Flussi meno viscosi sono sempre turbolenti.

4.2 Approccio reofisico per la classificazione delle colate detritiche

Oltre ai classici modelli reologici impiegati per la descrizione del comportamento dei debris flow, risulta interessante la classificazione formulata da Ancey (1999) basata sul legame tra la forma del deposito (evidenze geomorfologiche) e le proprietà meccaniche della colata (Tab. 2).

Ancey (1999) propone una suddivisione in tre classi (viscosa, viscoplastica ed a comportamento frizionale) e tenta di relazionare le proprietà reologiche a quelle geomorfologiche; egli individua tre tipi di colate: fangose, granulari e fluide.

Le osservazioni effettuate in campo mostrano che ognuna di queste classi, in accordo con la classificazione di Ancey, può essere correlata con parametri come la pendenza di arresto, forma ed esposizione del deposito e distribuzione granulometrica (Bardou et al., 2003). Ciò rende possibile il collegamento tra le osservazioni dirette di campagna e le proprietà meccaniche del fluido; tale opportunità assume particolare importanza nell'applicazione di formule per tradizionali calcoli idraulici ed adesso che numerosi programmi di simulazione sono disponibili sul mercato, ognuno dei quali basato su specifici modelli di colata.

L'approccio reofisico di Ancey si propone di descrivere i cambiamenti microstrutturali all'interno della miscela acqua-sedimento. Si assume infatti che la matrice abbia una rilevante influenza sul comportamento meccanico del debris flow, mentre non è possibile fare considerazioni sull'effetto del fronte, generalmente costituito da materiale più grossolano.

La tabella 2 si suddivide in due parti principali. Le prime due righe sono relative alle proprietà meccaniche della colata; le altre quattro sono dedicate alle corrispondenti osservazioni di campo. Nelle Alpi, la conformazione della valle consente raramente l'osservazione di interi depositi da colata e le tracce rilevabili più frequentemente sono solo i cordoni laterali (Bardou et al., 2003). E' per tale ragione che in tabella 2 vengono inclusi i disegni delle sezioni arginali. Le descrizioni dei depositi riportate all'interno della riga denominata "forma del deposito" sono comunque utili quando sono rilevabili fronte, corpo e argini della colata.




Meccanica	Nome scientifico	viscoplastico	collisionale-frizionale	frizionale-viscoso
	Modello reologico appropriato	Herschel-Bulkley Bingham	Coulomb, equazione costitutiva del collisionale-frizionale	Coulomb a bassa velocità Newtoniano (<i>power law</i>) a elevata velocità
Osservazione in campo	Nome comune	fangosa	granulare	fluida
		regolare, con limiti ben definiti, molto coesivo da secco	irregolare, senza limiti netti, non coesivo da secco	come un terrazzo alluvionale, molto coesivo da secco
	Forma del deposito			
		sezione arginale	sezione arginale	sezione a corpo intero (scala diversa rispetto al disegno di quelle arginali)
	Pendenza di arresto	$< 2^\circ$	$< 10^\circ$	$< 1^\circ$
	Granulometria	fraz. grossolana ++ matrice fine ++ argilla +	fraz. grossolana ++ matrice fine - argilla - -	fraz. grossolana - / + matrice fine ++ limo + argilla - -

Tabella 2 - Classificazione reofisica dei debris flow (da Bardou et al. 2003).

Nelle tre foto riportate di seguito (Fig. 9) si possono osservare le tre tipologie di colata della classificazione di Ancey.

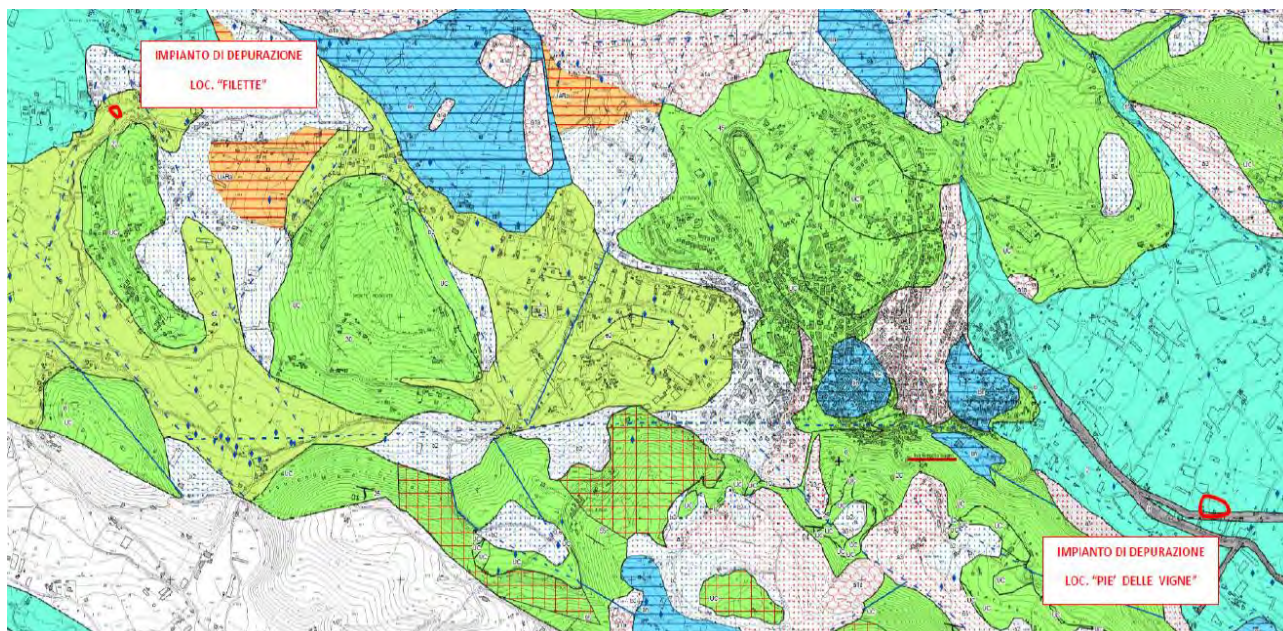


Figura 9 - Morfologie osservate in campo relative alle tre classi proposte da Ancey (1999): da sinistra a destra viscoplastico, collisionale-frizionale e frizionale-viscoso (da Bardou, 2005).

5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO-IDROGEOLOGICO

Le aree oggetto di questo studio, come già detto, rientrano completamente nel territorio comunale di San Gregorio Magno.

Nello specifico, ci troviamo in due aree separate, distanti alcuni chilometri tra loro, ma molto simili dal punto di vista geologico; infatti, risultano entrambe caratterizzate dalla presenza di diffusi depositi detritico-alluvionali Quaternari, imputabili all'erosione e disaggregazione, a vario modo, dei versanti carbonatici sovrastanti.



Inquadramento geologico delle aree di interesse

La morfologia dell'area è in stretta dipendenza della natura dei terreni e del loro assetto strutturale; i versanti in esame presentano delle forme blande tipiche dei versanti pedemontani presenti in zona. A monte, le eminenze montuose più aspre e anche più elevate sono costituite da masse carbonatiche mesozoiche che danno luogo a pendii molto ripidi, in corrispondenza dei principali piani di faglia. Le aree di interesse situate in zone di fondovalle, risultano circondate da allineamenti di dorsali carbonatiche, fortemente influenzate dalle principali direttrici tettoniche presenti; questo nel tempo, a causa di forti fenomeni di disaggregazione meteorica, ha prodotto un notevole accumulo, sui fianchi dei rilievi, di materiale detritico-colluviale.

La **Carta geolitologica** e la **Carta geomorfologica**, allegate allo studio di compatibilità geologica, evidenziano le litologie e i depositi morfologici che, nelle strette aree di interesse, vengono ricondotti principalmente in:

- ❖ Detrito di falda. Depositati clastici carbonatici eterometrici e in subordine calcareo – marnosi ed arenacei, a matrice argilloso - limosa (Pleistocene - Attuale).
- ❖ Coltre eluvio-colluviale. Coltri alteritiche e paleosuoli con fenomeni di pedogenesi ancora in atto; sabbie e limi argillosi bruno - rossastri ed argille (Pleistocene - Attuale).
- ❖ Deposito alluvionale. Ghiaie ad elementi eterometrici e sabbie medio - grossolane, variamente addensate e/o pedogeneizzate, Alluvioni incise o terrazzate, depositi di conoide torrentizia inattiva ed incisa (Pleistocene - Attuale).
- ❖ Sub-unità pelitico-arenacea. Argille ed argille siltose-arenacee, talvolta marnose di colore grigio, rosse, verdi e violacee localmente chiare o scure, con intercalazioni di calcari e calcari marnosi bianco-giallastri (Eocene - Miocene inf.).
- ❖ Unita' Calcareo. Calcari bianco-grigiastri, calcilutiti da ben stratificate a massive, calcareniti e calciruditi, localmente fratturati e carsificati (Giurassico - Miocene inf.).

A tale conformazione del paesaggio ed assetto del territorio hanno contribuito, in modo evidente, le ultime ed importanti fasi tettoniche Quaternarie, le cui conseguenze sono visibili osservando l'andamento dei versanti con pendenze molto irregolari. L'irregolarità dei versanti, ha fortemente inciso sulla morfologia dell'area, che a sua volta ha provocato un andamento fortemente irregolare dei piccoli corsi d'acqua. Questi, in buona parte del territorio di San Gregorio Magno, nascono a monte, al contatto tra i depositi carbonatici e i depositi terrigeni Terziari, per poi aprirsi a ventaglio verso valle in mille rivoli. Il paesaggio "giovane", tipico di tutta la fascia pedemontana dei massicci carbonatici presenti, si ripercuote negativamente in corrispondenza dei suddetti corsi d'acqua. Infatti, quest'ultimi, non avendo raggiunto un equilibrio del profilo longitudinale dell'alveo, provocano, localmente, una notevole azione di "trascinamento" di tutti i terreni circostanti.

Lungo le sponde dei corsi d'acqua si osservano piccoli fenomeni erosivi che danno luogo a locali problemi gravitativi. L'erosione spondale, originata a causa del continuo divagare dell'alveo attivo verso le sponde, ha provocato notevoli problemi di scalcamento alla base. Il paesaggio circostante, come detto in precedenza, si presenta molto irregolare e sono localmente visibili le forme tipiche dei depositi di frana, quali rigonfiamenti e lobi. In questi versanti tipicamente limo-argillosi sono presenti tipologie gravitative diffuse quali il "soil creep", dove i terreni sono interessati da movimenti individuali dovuti alla sola forza di gravità, per cui avviene sempre, su tutti i pendii, anche con pochi gradi di inclinazione. E' caratterizzata da un movimento lento assolutamente impercettibile. In scala più grande sono presenti anche colamenti che avvengono lungo superfici non visibili che si attivano durante lo scorrimento stesso. Lontano dai corsi d'acqua, sono generalmente da ricondurre all'elevato contenuto d'acqua con superamento del limite di liquidità (WLL) dei terreni argillosi.

Localmente, in corrispondenza dei terreni del Flysch Terziario, che bordano le grandi masse mesozoiche, si hanno invece, rilievi collinari molto meno elevati, con morfologia molto spesso dolce, pendii per lo più poco acclivi, specie laddove, nei terreni anzidetti predominano i costituenti argillosi o marnosi.

Come confermato da molti Autori è presumibile che il complesso Terziario si sia depositato tra la fine dell'Eocene e l'inizio del Miocene in un bacino sedimentario interno rispetto ai calcari di piattaforma, per poi sovrascorrere sui calcari subendo una traslazione verso est. Le argille Varicolori affiorano attualmente alla base dei versanti interessati da importanti scarpate di faglia e comunque nelle zone depresse rispetto agli alti morfologici carbonatici. Ai sedimenti e rocce precedentemente descritti, costituenti il substrato più antico dell'area, seguono, verso l'alto, i terreni di copertura anch'essi ampiamente rappresentati in tutta la zona.

Dal punto di vista morfologico questi apparati multipli sono sia del tipo "**sovrapposta**" che del tipo "**incastrata**" (sensu Bull, 1968): nel primo caso l'apice topografico e l'apice idrografico coincidono e i corpi deposizionali più recenti ed ancora attivi sono localizzati in zona apicale. Nel secondo caso l'apice topografico e l'apice idrografico non coincidono e la conoide attiva è localizzata in zona distale rispetto al fronte montuoso.

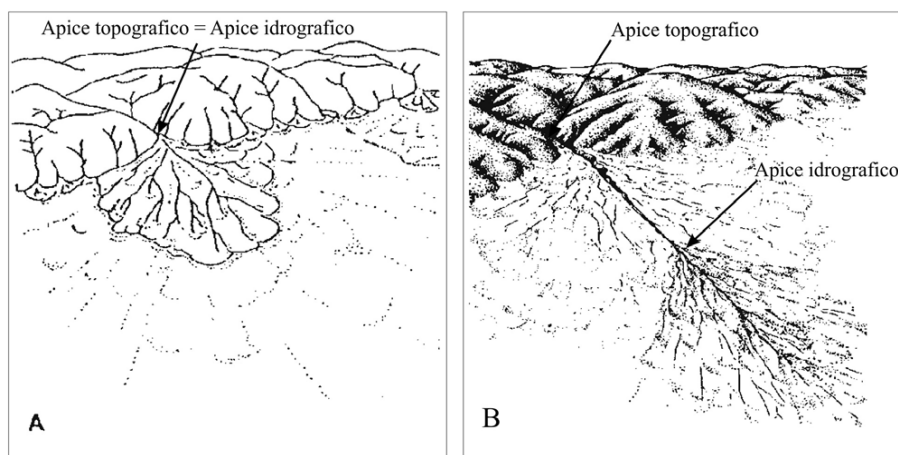


Fig. 10 - Conoidi alluvionali sovrapposte (A) ed incastrate (B) con ubicazione dell'apice topografico e dell'apice idrografico (da BULL, 1968 modificato).

Nello specifico, le aree in studio ricadono all'interno di conoidi pedemontane del tipo sovrapposte.

Di seguito si riportano i parametri fisiografici relativi ai bacini imbriferi studiati.

COMUNE	VALLONE	Superficie	Quota max	Quota min	Quota med	Lunghezza asta principale	Tempo di corrivazione		
		(kmq)	m	m	m		ore	minuti	secondi
SAN GREGORIO MAGNO	FILETTE	1.22	1140.00	590.00	865.00	1.6	0.51	30.84	1850
	PIE DELLE VIGNE A	0.48	755.00	390.00	572.50	1.40	0.45	26.96	1618
	PIE DELLE VIGNE B	1.88	830.00	400.00	615.00	2.9	0.84	50.30	3018



I primi studi di tipo morfometrico mirati a definire i rapporti tra la forma delle conoidi alluvionali e quella dei loro bacini di alimentazione si devono a MELTON (1965) che constatò che la pendenza di una conoide non dipende esclusivamente dalla variazione della granulometria del materiale lungo la superficie di una conoide come sostenuto da ECKIS (1928) e BLISSENBACH (1954), ma che invece essa è strettamente legata all'area e all'energia di rilievo del suo bacino di alimentazione.

Melton osservò che le conoidi alluvionali più estese e a minor pendenza sono legate esclusivamente a processi fluviali ed associate a grandi bacini di alimentazione con bassa energia di rilievo. Invece conoidi più piccole e

pendenti, dominate da meccanismi di messa in posto di tipo debris flow sono associate a bacini di area molto minore e ad elevata energia di rilievo.

Da questo studio egli riuscì a ricavare un indice adimensionale per caratterizzare i bacini di alimentazione, denominato indice di Melton (Mel), dato dal rapporto:

$$Mel = Ab^{-0,5} (Qb_{max} - Qb_{min})$$

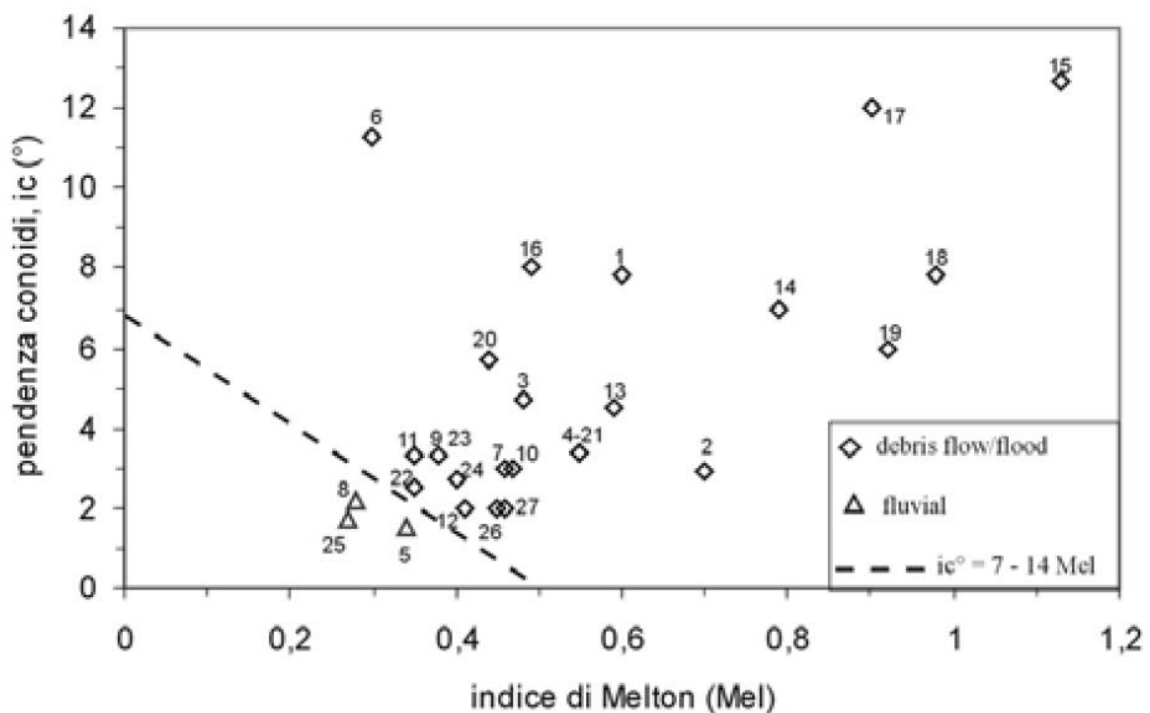
dove Qb_{max} e Qb_{min} rappresentano rispettivamente la quota massima e minima del bacino, ed Ab la superficie del bacino stesso, e lo confrontò con la pendenza ic delle conoidi, ricavando l'equazione:

$$ic (^{\circ}) = a [(Qb - Qb_{min}) Ab^{-0,5}]^n$$

dove a ed n sono dei parametri adimensionali calcolati su base statistica.

Pertanto si possono differenziare tre gruppi principali di conoide:

- quelle a più basso gradiente e con indici di Melton (Mel) inferiori a 0.25 risultano caratterizzate da trasporto prettamente fluviale;
- quelle con Mel maggiore di 0.5 da processi tipo debris flows;
- quelle con gradiente intermedio ($0.25 < Mel < 0.5$) rappresentano, quelle conoidi originate da un trasporto di tipo misto.



Le conoidi in studio sulla base di tale criterio morfometrico risultano:

- conoide bacino Filette di **tipo misto**.
- conoide bacino Piè delle Vigne A di **tipo debris flow**.
- conoide bacino Piè delle Vigne B di **tipo misto**.

Un altro parametro fisiografico importante per lo studio dei bacini idrografici è il tempo di corrivazione, ossia il tempo impiegato dalle acque d'afflusso meteorico a raggiungere la sezione di chiusura, partendo dai punti più alti e più lontani del bacino.

Questo parametro, che è funzione della morfologia, delle litologie affioranti e della copertura vegetale, è stato calcolato utilizzando la formula di GIANDOTTI (1934):

$$T_c(h) = [4\sqrt{A_b} + 1.5L_p] / [0.8 \sqrt{(Q_{b_m} - Q_{b_{\min}})}]$$

dove A_b rappresenta la superficie del bacino, L_p la lunghezza dell'asta principale, Q_{b_m} la quota media del bacino e $Q_{b_{\min}}$ la quota minima del bacino.

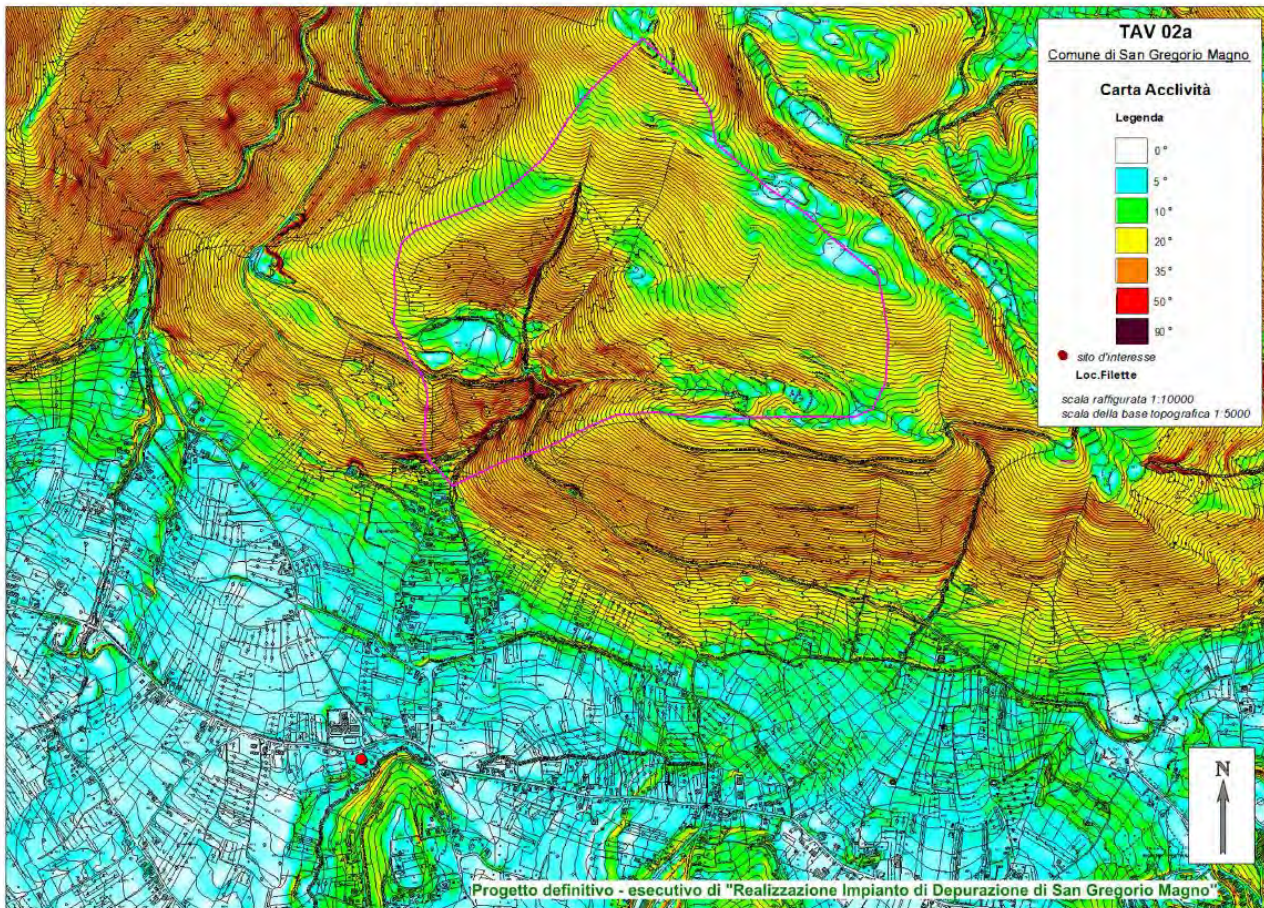
Per il calcolo del T_c è stato necessario calcolare la Q_{b_m} del bacino la cui formula è:

$$Q_{b_m} = \Sigma [a_i q_i / 2] / A_b$$

dove q_i = quota (m.s.l.m.) delle singole fasce altimetriche, pari alla media delle quote delle due isoipse che le delimitano; a_i = area (in m²) delle singole fasce di altitudine.

I bacini di alimentazione delle conoidi studiate sono caratterizzati da valori di acclività mediamente elevati (30 - 40°) nelle aree più a monte, mentre in area di conoide si rilevano valori di acclività più bassi ossia compresi tra 0 e 8° (V. fig. 13)

Dal rilievo effettuato in intesa con il geologo incaricato, è emerso che il substrato carbonatico risulta ricoperto da depositi detritici aventi spessori delle coltri di copertura variabili con l'altimetria. Difatti si sono distinte, per i bacini di alimentazione delle conoidi in studio, quattro diverse aree mediamente omogenee sotto il profilo degli spessori delle coltri di copertura. Si riporta di seguito la Carta degli spessori delle coperture detritiche rinvenute sui versanti (V. fig. 14).



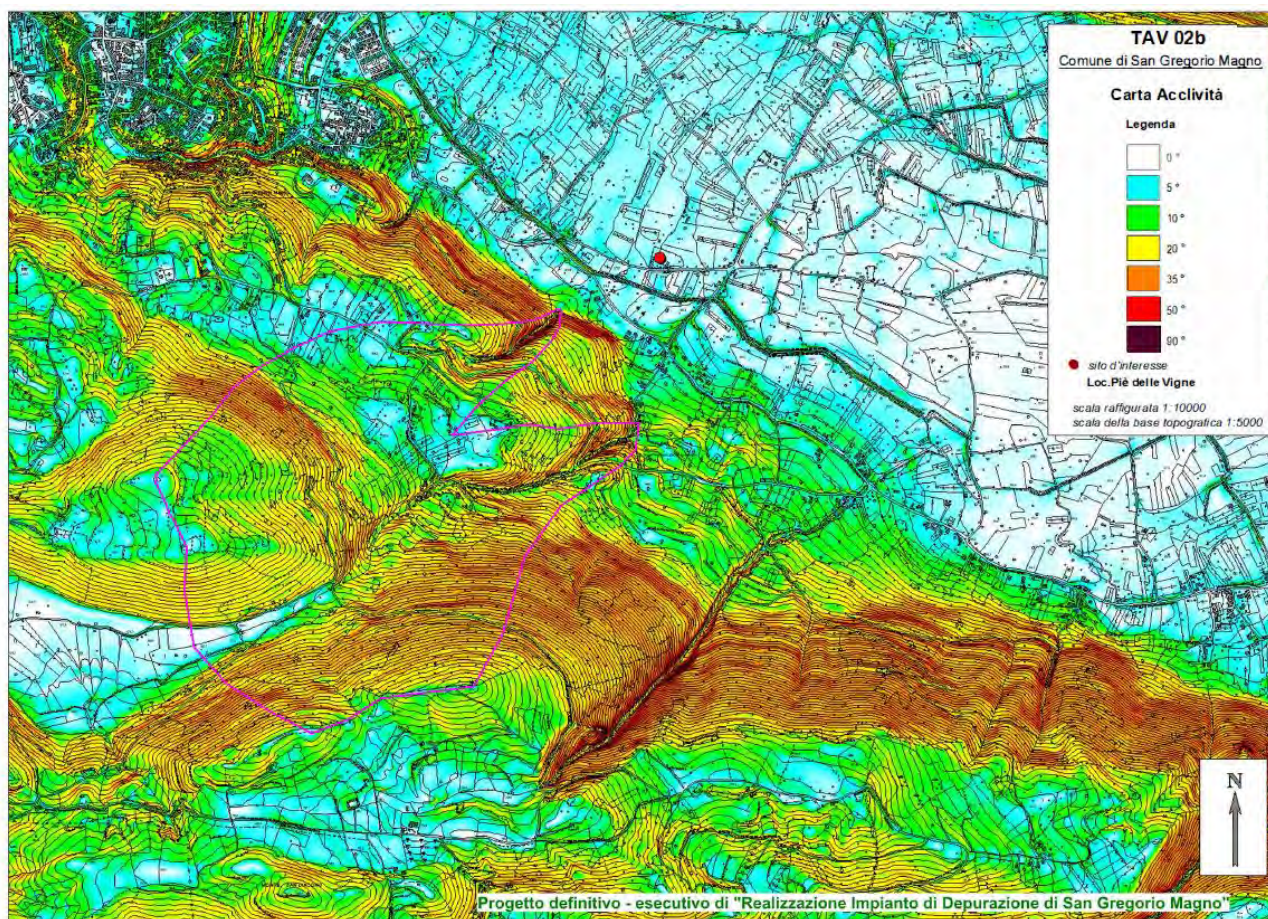
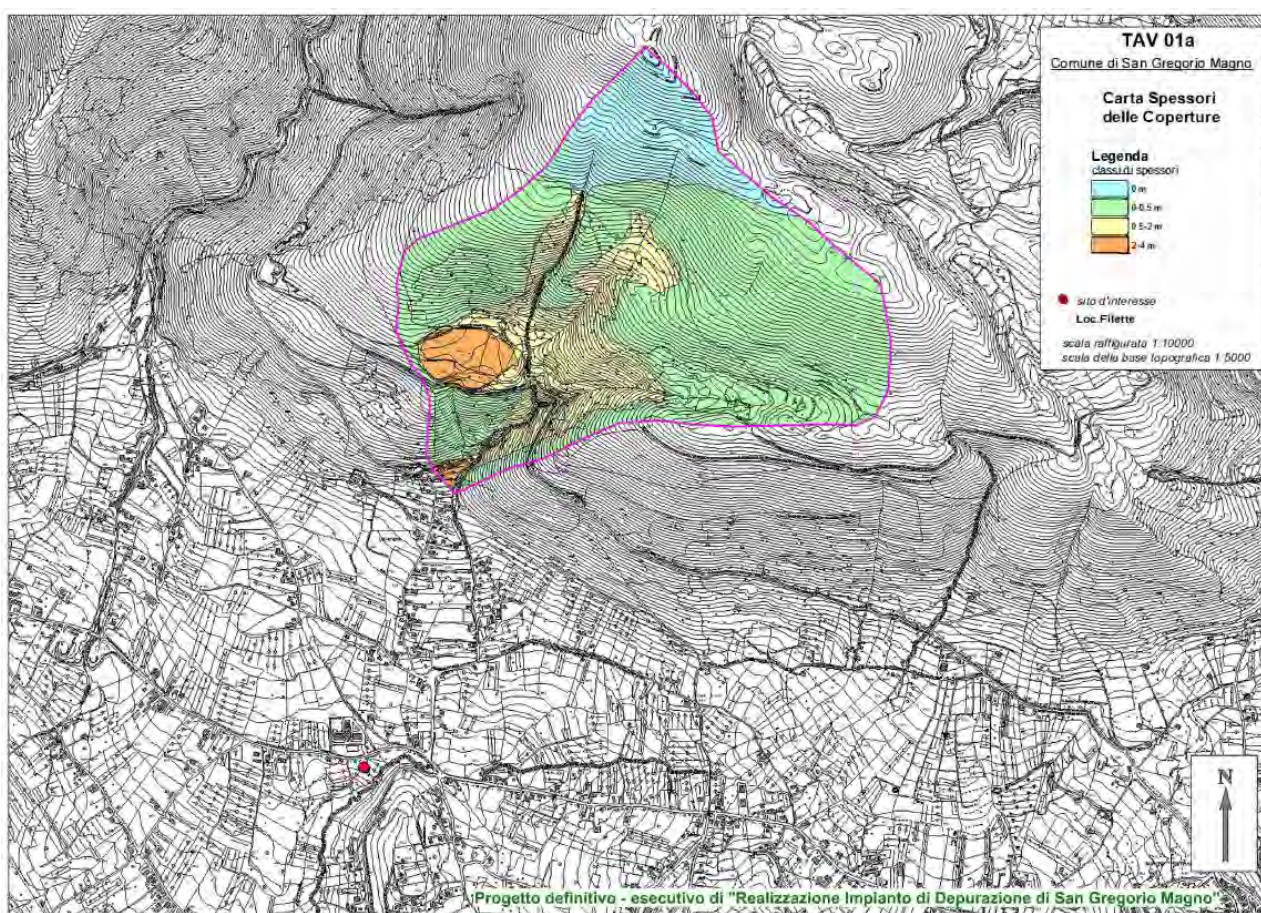


Fig. 13 – Carta delle Acclività



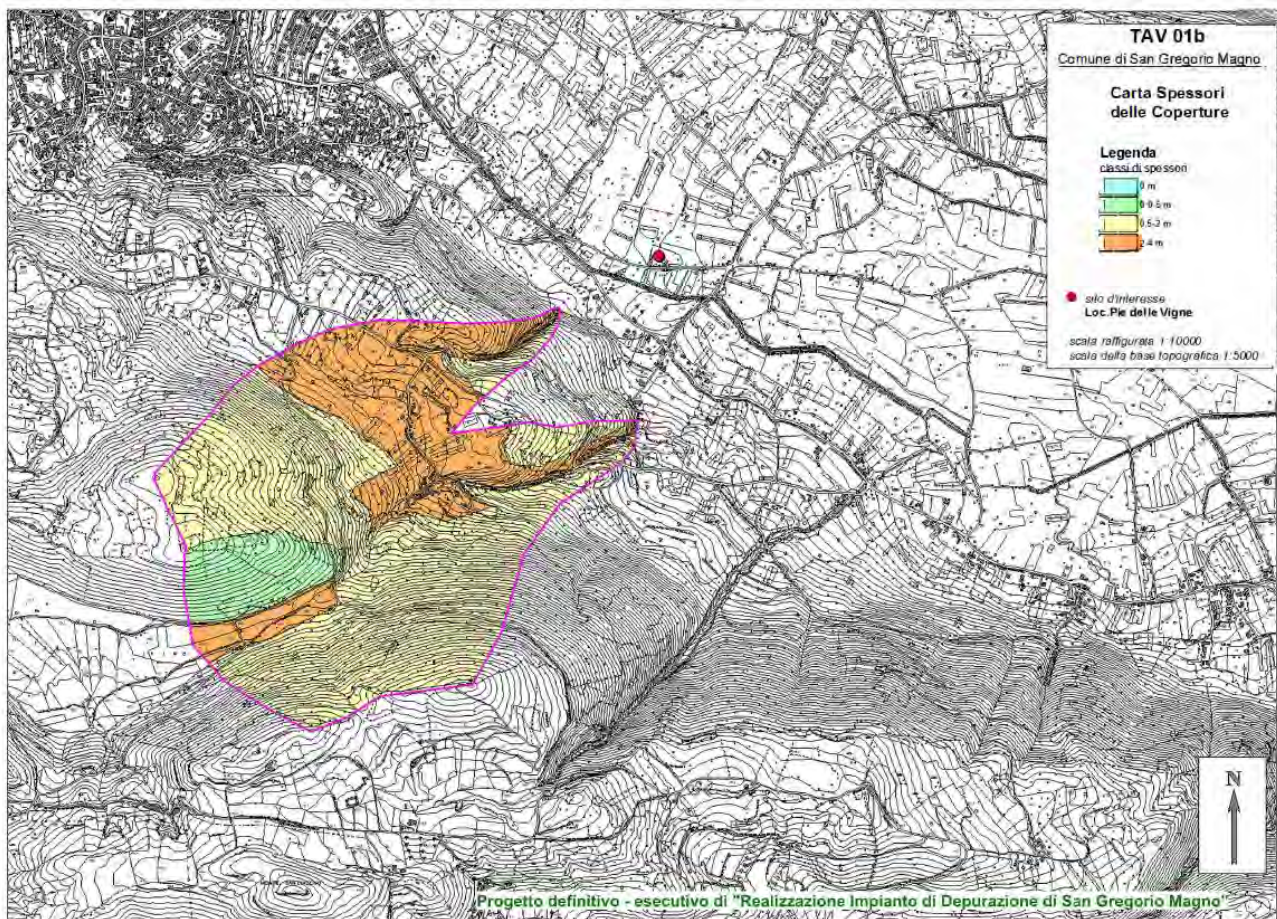


Fig. 14 – Carta degli spessori delle coltri di copertura

Lo studio ha preso l'avvio dalla redazione delle consuete carte geotematiche di base (Carta Geologica, Carta delle Copertura, Carta Geomorfologica, Carta delle Acclività) il cui incrocio ha permesso di definire le zone di potenziale innesco (Carta della Suscettibilità dei fenomeni franosi) e di massima invasione nel caso in cui si verificassero frane ascrivibili alla tipologia dei debris flow.

Al fine di redigere la Carta della Suscettibilità dei fenomeni franosi si è adottata la metodologia esposta nei paragrafi seguenti, la quale mette in correlazione lo spessore delle coltri di copertura con le acclività del bacino di alimentazione della conoide.

6. METODOLOGIA ADOTTATA PER LA VALUTAZIONE DELLA SUSCETTIBILITÀ DA FRANA NEI BACINI STUDIATI

È il caso di sottolineare preliminarmente che il termine “suscettibilità” deve intendersi come “pericolosità” in senso spaziale cioè senza riferimento ai tempi di ritorno che, nel caso di eventi rapidi e facilmente “cancellabili” risulta assai difficile definire, a meno di situazioni particolari in cui si disponga di una serie di dati storici derivanti da ricerche di archivio.

I metodi proposti in letteratura, di impostazione essenzialmente geologico-geomorfologica, per la valutazione e la redazione di carte della pericolosità da frana, possono essere suddivisi in metodi qualitativi e quantitativi (v. Fig. 15).

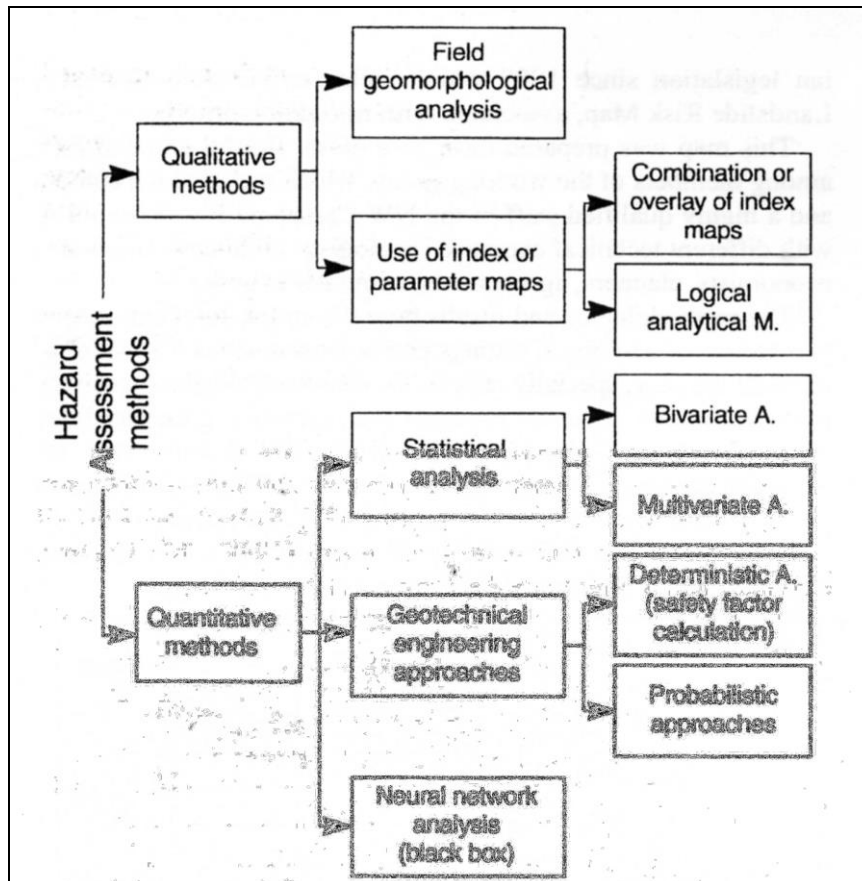


Fig. 15 – Metodi di classificazione del rischio da Frana (da Aleotti & Chowdury, 1999)

I primi si basano essenzialmente sulla individuazione di ambiti geomorfologici ritenuti, sulla base di valutazioni qualitative, suggerite dalle esperienze dei rilevatori, più o meno esposti alla instaurazione di distacchi della coltre detritica che sovrasta i versanti carbonatici. I secondi elaborano in chiave statistica le correlazioni esistenti fra parametri stratigrafici e geomorfologici (ed eventualmente altri) e predisposizione al dissesto dei versanti.

Nell'ambito dell'analisi dell'area di studio è stata valutata la suscettività al dissesto dei versanti che fanno da cornice ai bacini imbriferi di alimentazione delle conoidi studiate, mediante rilievi geomorfologici estesi ad un opportuno intorno territoriale, in modo da avere una visione più ampia della geologia dell'intera zona e attraverso la correlazione di due parametri principali, ovvero la pendenza dei versanti e la stima degli spessori delle coperture, si è proceduti all'elaborazione delle carte tematiche di base in scala 1:5.000:

- **Spessori dei Depositi di Copertura.**
- **Carta della Pendenza o acclività.**

Il metodo adottato, per la redazione della carta della suscettibilità all'innesco dei fenomeni franosi di tipo debris flow considera un insieme di fattori che possono condizionare l'innesco di colate rapide quali:

pendenza dei versanti (S), spessore delle coltri piroclastiche e detritiche (T), distanza dalle linee di imfluvio (D), uso del suolo (L) ed ordine gerarchico del bacino idrografico (B). Esso valuta l'indice di suscettibilità.

La metodologia qui proposta per la suscettibilità all'innesco di colate rapide di fango utilizza un criterio prettamente geologico e geomorfologico semiquantitativo tarato su una casistica di circa 200 frane censite nell'ambito campano (Di Crescenzo et alii, 2008).

Essa prevede, come primo passo, la redazione di una serie carte tematiche in scala 1:5000 (carta geologica, carta geomorfologica, carta degli spessori delle coperture piroclastiche, carta delle acclività,) nelle quali sono stati individuati i fattori ritenuti più significativi all'innesco di colate rapide. I singoli fattori sono stati georeferenziati e ad essi è stato attribuito un "peso" a seconda dell'influenza relativa che esso ha sull'innesco.

Successivamente le carte tematiche, "pesate", vengono incrociate attraverso l'applicazione di un GIS che permette anche il calcolo dell'indice di instabilità (v. Fig. 16) ottenuto tramite un'espressione matematica.

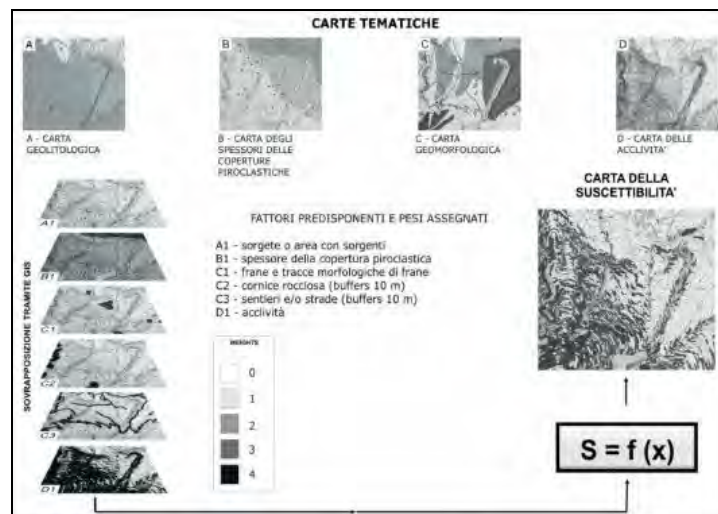


Fig. 16 – metodologia adottata per la definizione della suscettibilità all'innesco

Parametri e la formula utilizzata per il calcolo dell'Indice di suscettibilità all'innesco.

La suscettibilità all'innesco (I) delle colate rapide detritiche è stata calcolata con una funzione che mette in relazione i fattori descritti precedentemente, tramite un Gis (Di Crescenzo et alii, 2008):

$$I = S^{(2T+1)} (C+Sp+Lme+Rc+L+1)$$

dove:

S = acclività del versante

T = spessore delle coperture piroclastiche

C = sentieri e/o strade ubicati nei settori medio-alti dei versanti

Sp = sorgente o area con sorgenti per lo più di origine carsica

Lme = impronte di antiche frane riconosciute da fotografie aeree

Rc = cornice morfologica in roccia

L = impronte di frane censite

La scelta dei fattori utili è scaturita dall'analisi geomorfologica di dettaglio dei due bacini di alimentazione presi in esame, compiuta dagli scriventi in intesa con il geologo dott. Gabriele Morcaldi.

Attribuzione dei pesi

L'attribuzione dei pesi (scores) ai vari parametri è stata effettuata seguendo un criterio semiquantitativo in linea con analoghi indirizzi presenti nella Letteratura Scientifica (Amanti et al., 1998; Calcaterra et al., 2003, Anbalagan, 1992; Turrini et al, 1998; Turrini & Visintainer, 1998).

I valori prescelti sono compresi tra 0 e 4 a seconda della maggiore o minore influenza che il fattore ha sull'innescio.

Nel caso delle acclività, si è constatato che la maggior parte delle nicchie di frana sono ubicate su versanti con valori di acclività compresi tra 30° e 50° (Amanti et al, 1998; Calcaterra et al, 2003; Di Crescenzo & Santo, 1999; 2005). A questo range è stato attribuito un valore pari a 3 mentre alle pendenze inferiori valori via via decrescenti. Il peso maggiore (4) è stato attribuito alla classe meno rappresentata marcata da acclività superiori a 50°. Per le coperture detritiche, si è constatato da dati bibliografici che buona parte delle frane si imposta in aree con spessori compresi tra 1 m e 3 m.

Il peso 0 è stato dato alla classe 0-0.5 m perché non interessata da un numero di inneschi statisticamente significativo in aree con substrato affiorante o con coperture discontinue.

Nella valutazione dell'indice di suscettibilità all'innescio si è tenuto infine conto della accertata presenza sul versante di frane storiche e/o di tracce di frane (individuate da fotointerpretazione). Pertanto, mediante l'algoritmo appena descritto, sono state individuate le seguenti cinque classi di suscettibilità:

SUSCETTIBILITA'	CLASSI DI SUSCETTIBILITA'
nulla	1<1
basso	1<1<50
medio	50<1<150
alto	150<1<600
molto alto	1>600

Classi di suscettibilità utilizzate per la redazione della carta di suscettibilità

Le tabelle di seguito riportate restituiscono l'attribuzione dei pesi ai diversi fattori geologici e geomorfologici citati in precedenza:

PENDENZA

CLASSE	PESI
0°-15°	0
15°-27°	1
27°-35°	2
35°-45°	3
45°-55°	3
>55°	4

DEPOSITI DI COPERTURA

CLASSE	PESI
0 m	0
0.0 m - 0.5 m	0
0.5 m - 2 m	3
2 m-4 m	2
> 4 m	2

7. DEFINIZIONE ED INDIVIDUAZIONE DELLE AREE A DIVERSO GRADO DI SUSCETTIVITÀ AL DISSESTO

In funzione delle caratteristiche di dissesto del territorio, sono state definite le aree caratterizzate da diverso grado di suscettività al dissesto. Le aree sono state individuate nella *“Carta della suscettività da frana”* redatta in scala di base 1:5.000. Ad ogni categoria di area delimitata sulla carta è assimilato un corrispondente livello di pericolosità, stimato in base alla presunta intensità del fenomeno e così classificato:

CLASSI DI SCUSCETTIBILITÀ

CLASSE
Nulla
Bassa
Media
Alta
Molto Alta

Le aree a diverso grado di suscettività al dissesto sono così definite:

- **Suscettività al dissesto elevata (alta-molto alta).**

Aree caratterizzate dalla presenza di evidenze di fenomeni di dissesto potenziale o dalla concomitanza di più fattori predisponenti al dissesto (acclività, spessori consistenti di depositi sciolti di copertura, caratteristiche strutturali del substrato roccioso, caratteristiche idrogeologiche e contrasti di permeabilità, condizioni attuali di uso del suolo).

- **Suscettività al dissesto media.**

Aree caratterizzate da limitate evidenze di fenomeni di dissesto potenziale o dalla presenza di alcuni dei fattori predisponenti al dissesto (acclività, spessori consistenti di depositi sciolti di copertura, caratteristiche strutturali del substrato roccioso, caratteristiche e contrasti di permeabilità, condizioni attuali di uso del suolo, prossimità ad aree interessate da dissesto).

- **Suscettività al dissesto bassa o trascurabile.**

Aree di ambito subpianeggiante, collinare o montuoso in cui si rilevano basse evidenze di dissesto in atto o potenziale, che non sono soggette agli effetti di fenomeni di dissesto presenti in aree adiacenti e nelle quali non si rilevano significativi fattori predisponenti al dissesto (acclività, spessori consistenti di depositi sciolti di copertura, caratteristiche strutturali del substrato roccioso, caratteristiche contrasti di permeabilità, condizioni attuali di uso del suolo, prossimità ad aree interessate da dissesto).

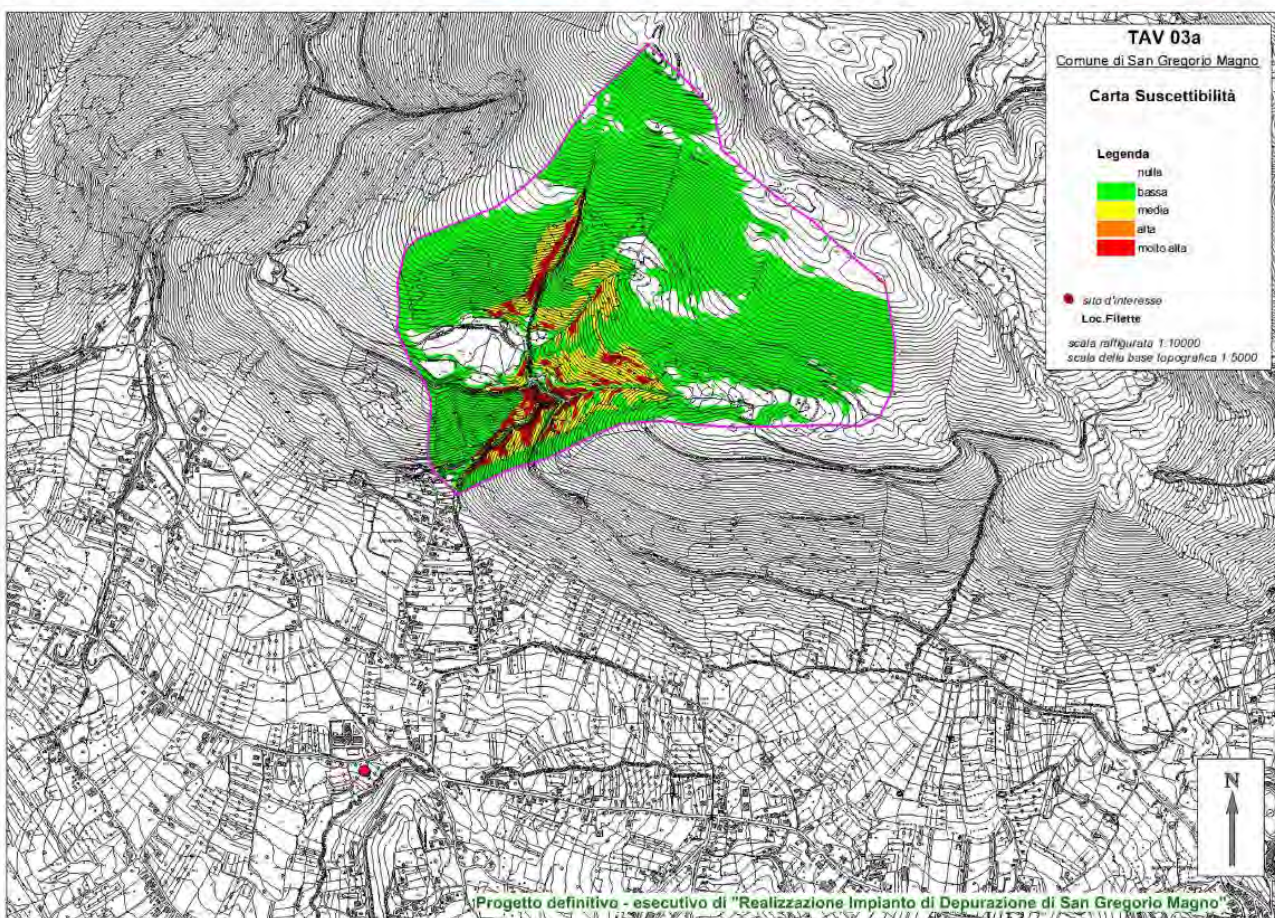
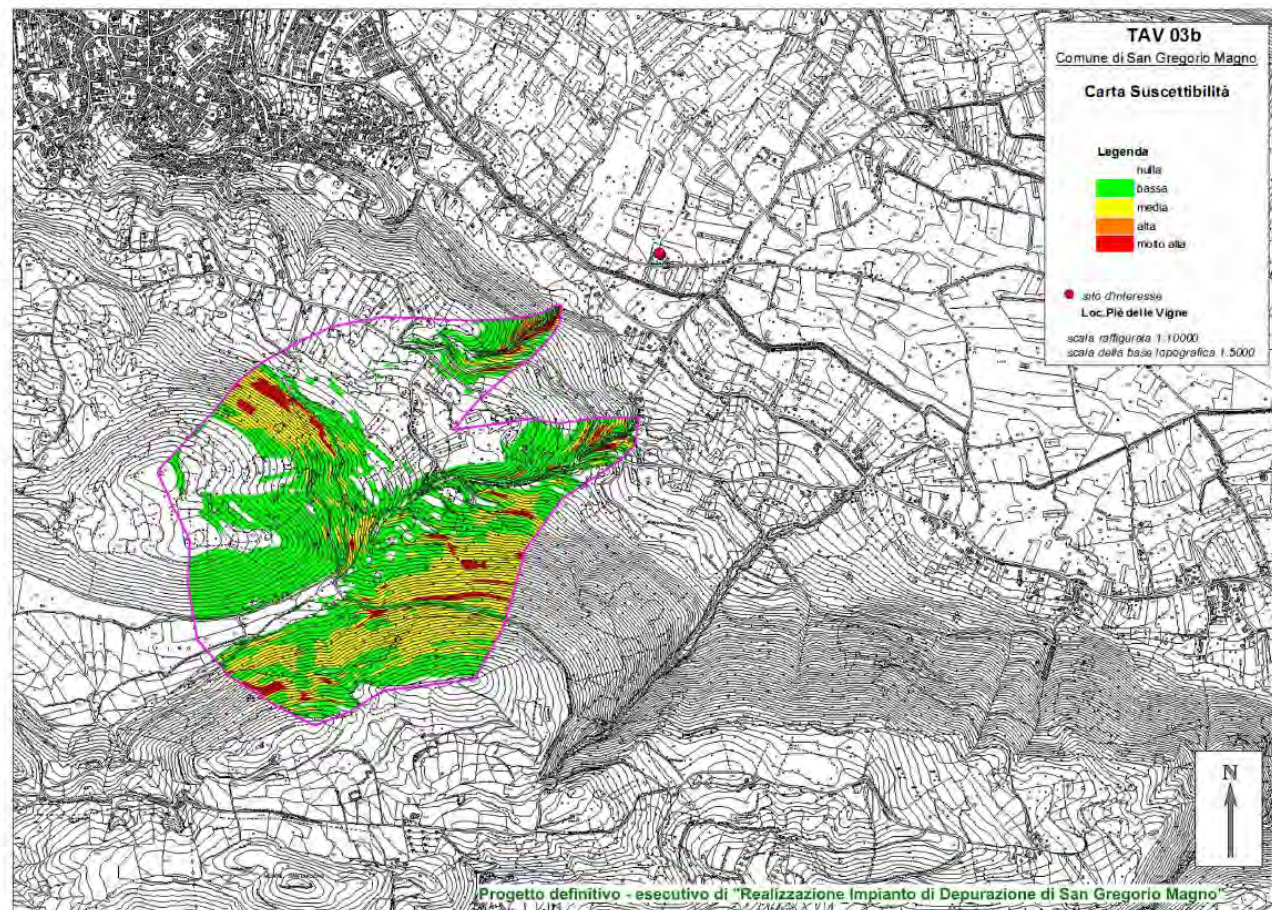


Fig. 17 – Carta della Suscettibilità da frana

8. LIVELLO DI PERICOLOSITÀ IDROGEOLOGICA DELL'AREA IN STUDIO

Le aree oggetto di questo studio, come già detto, rientrano completamente nel territorio comunale di San Gregorio Magno. Nello specifico, ci troviamo in due aree separate (*loc. piè delle vigne* e *loc. Filette*), distanti alcuni chilometri tra loro, ma molto simili dal punto di vista geologico; infatti, risultano entrambe caratterizzate dalla presenza di diffusi depositi detritico-alluvionali Quaternari, imputabili all'erosione e disaggregazione, a vario modo, dei versanti carbonatici sovrastanti.

Per i siti interessati dalle opere in progetto, da quanto si evince dagli elaborati grafici a corredo della RIVISITAZIONE DEL PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (P.A.I.) dell'ABI Sele (Carta della pericolosità da alluvione – Comune di San Gregorio Magno), sono stati perimetrati come **“Zona di Attenzione Idraulica”** ai sensi dell'art. 26 e precisamente come **“area interessata da conoidi”**.

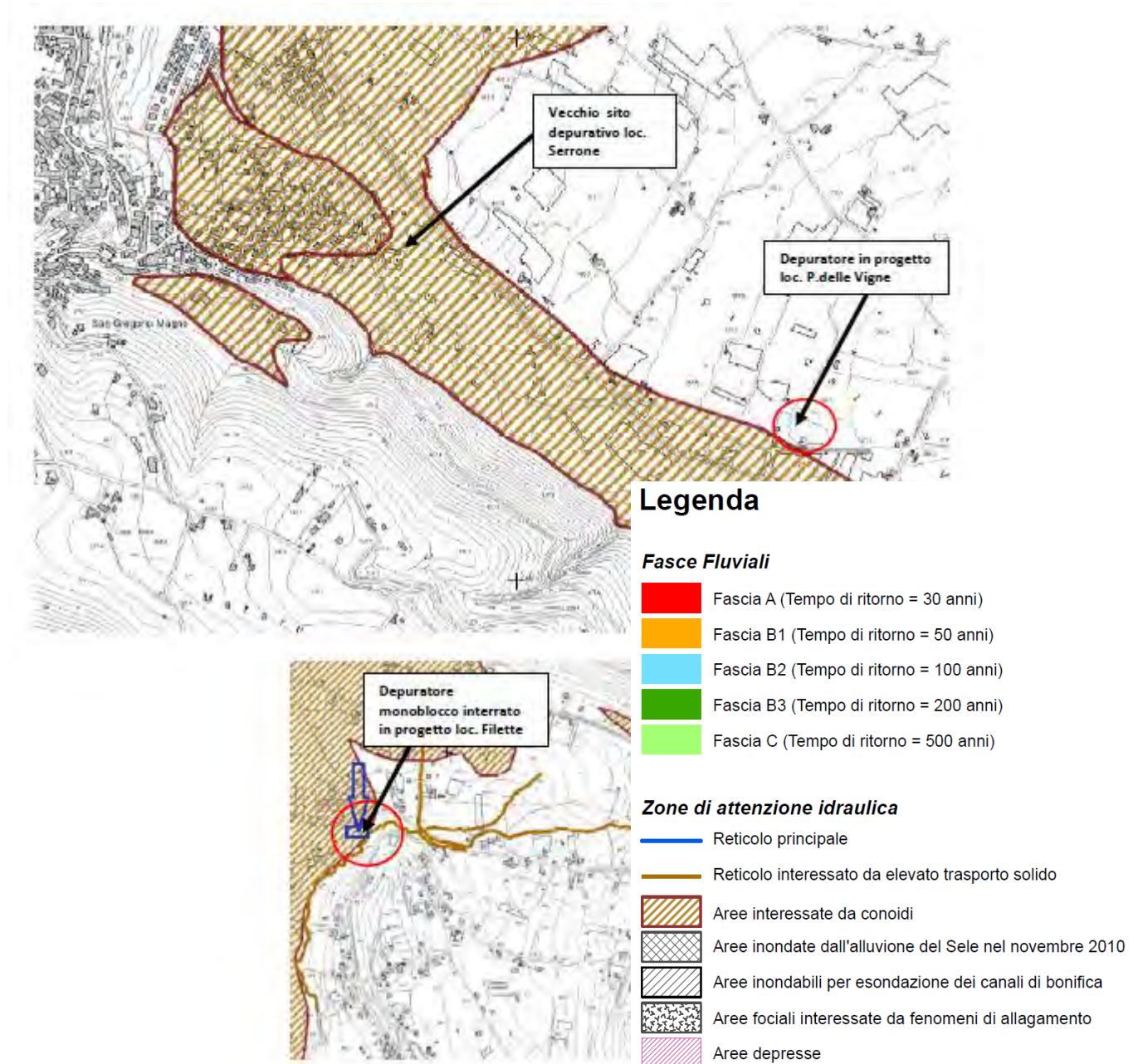


Fig.19- Stralcio Carta della pericolosità da alluvione

Tali aree, interessate da conoidi pedemontane, presentano una propensione elevata all'*innesco-transito-invasione* per frane del tipo debris flow. Le conoidi, in relazione agli studi morfometrici, sia del bacino di alimentazione che della conoide stessa, citati in precedenza, sono classificate come conoidi originate da un trasporto di origine **misto** (Filette e Piè delle vigne B) e di tipo **detritico** (Piè delle vigne A).

I processi morfoevolutivi riconducibili a fenomeni di dissesto e quindi a frane che caratterizzano la conoide detritico-alluvionale sono i **debris flows** o colate di detrito. Di seguito, in tabella, si riporta la classificazione delle frane da flusso.

Classificazione delle frane da flusso (Hungr et al., 2001)

<i>Materiale coinvolto</i>	<i>Contenuto d'acqua</i>	<i>Condizioni particolari</i>	<i>Velocità</i>	<i>Definizione</i>
Limi, sabbie, ghiaie, detrito	Secco, umido o saturo	Assenza di <u>sovrappressioni</u> interstiziali; volume limitato	Variabile	<u>non-liquefied sand flow</u>
Limi, sabbie, ghiaie, detrito	Saturo lungo la superficie di rottura	Materiale <u>liquefacibile</u> ; <u>cont.</u> acqua costante	<u>Estr. rapido</u>	<u>Sand (silt, debris, rock) flow slide</u>
Argille Sensitive	Limite di liquidità o superiore	Liquefazione in <u>situ</u> ; <u>cont.</u> acqua costante	Da lento a molto rapido	<u>Clay flow slide</u>
Torbe	Saturo	<u>sovrappressioni</u> interstiziali	<u>Estr. rapido</u>	<u>Peat flow</u>
Argilla o "terra" (<20% di sedimenti a grana grossa)	~ <u>limite plastico</u>	Movimenti lenti; Scorrimento	< rapido	<u>Earth flow</u>
Detrito	Saturo	Canale definito; <u>cont.</u> acqua aumentato	<u>Estr. rapido</u>	<u>Debris flow</u>
Fango	Limite di liquidità o superiore	<u>Debris flow</u> a grana fine	> Molto rapido	<u>Mud flow</u>
Detrito	Presenza di acqua "libera"	Piena ("flood")	<u>Estr. rapido</u>	<u>Debris flood</u>
Detrito	Parzialmente saturo o saturo	Assenza di canale; distacco iniziale <u>abb.</u> superficiale, su versante acclive	<u>Estr. rapido</u>	<u>Debris avalanche</u>
Frammenti di rocce	Variabile, <u>prev.</u> secco	Rocce intatte all'origine; grandi volumi	<u>Estr. rapido</u>	<u>Rock avalanche</u>

Tali processi sono definiti da una zona di **distacco**, laddove avviene l'innesco del movimento di masse detritiche, una zona di **transito** ed una zona di **invasione**. L'area di **distacco** è da verificare nella parte alta del bacino montano, laddove vi sono le condizioni *morfometriche* (pendenza, area contribuyente, curvatura, etc.) per la destabilizzazione del detrito, la zona di *transito* laddove permangono le condizioni morfometriche per il movimento del detrito destabilizzato e le zone di *invasione* laddove il flusso per la perdita di energia deposita i materiali trasportati. La foto successiva (**Monte Foresta, Bracigliano**) ritrae le tre zone (distacco, transito ed invasione/accumulo), all'indomani dell'evento franoso di tipo debris flows.



I processi di destabilizzazione, e quindi di innesco del fenomeno franoso, sono determinati da **condizioni predisponenti** e **condizioni scatenanti**, nelle prime si annoverano le condizioni morfologiche del bacino e la presenza di una coltre di detrito mobilizzabile, nelle seconde rientrano le variazioni, nell'assetto fisico nell'ambito morfologico, di norma rappresentate dalle precipitazioni.

L'attuale perimetrazione dell'ABI Sele in considerazione della natura e della scala dello studio redatto, ha definito il livello di pericolosità per meccanismi di tipo **debris flow** caratterizzando da un punto di vista morfometrico i bacini (area di alimentazione) e le conoidi (area di invasione) sulla base di dati statistici; ovvero associando per similitudine le conoidi per le quali si hanno evidenze storiche di **debris flow** con quelle per le quali non si hanno informazioni: si definisce la probabilità o la potenzialità che anche le conoidi e i bacini apparentemente stabili possano essere sede di processi di dissesto da **debris flow**.

Pertanto le condizioni di verifica alla suscettibilità a franare dell'area in studio, premesso che il bacino di alimentazione e la conoide presentano caratteristiche morfometriche generali tali da poter essere sede di processi di **debris flow**, sono da ricercare nelle singole componenti del processo descritto ovvero:

se vi sono le condizioni per la mobilizzazione di masse detritiche	Verifica dei volumi e tipologie di coperture nell'area di alimentazione (bacino) Verifica delle condizioni morfometriche di innesco
se vi sono le condizioni per il trasporto di tali masse	Verifica della continuità idraulica dell'impluvio e delle caratteristiche idrauliche. Urbanizzazione dell'area
la modalità con cui tali masse si depositano	Verifica delle condizioni geomorfologiche e litostratigrafiche dell'area di invasione Modello numerico di propagazione

9. ASSETTO GEOLOGICO DELL'AMBITO MORFOLOGICO

L'ambito morfologico di pertinenza dell'area di intervento viene definito dal sistema bacino di alimentazione-conoide rispetto al quale si identifica il processo di tipo **debris flow**, quale processo morfoevolutivo a maggiore pericolosità.

Da un punto di vista morfologico le conoidi in esame sono di tipo **"sovrapposte"** in quanto l'apice topografico e l'apice idrografico coincidono e la conoide non è localizzata in zona distale rispetto al fronte montuoso.

Da un punto di vista geologico il bacino di alimentazione della conoide studiata si attesta sul substrato carbonatico. Dai rilievi in situ (v. report fotografico allegato alla presente) si evidenzia la presenza di una copertura detritica discontinua con spessori variabili in relazione all'altimetria (v. Carta degli spessori delle coltri di copertura). Tali accumuli, con granulometrie eterogenee (dalle sabbie fini ai ciottoli fino a blocchi dell'ordine del mc), traggono origine sia da processi di erosione diffusa ad opera delle acque meteoriche dilavanti, sia da fenomeni di crollo in prossimità dei fronti rocciosi a pendenze più elevate e con livelli di fatturazione maggiore.

Ai piedi del bacino affiora, in parte il substrato carbonatico ed in parte il deposito detritico della conoide, con stratificazione variabile fino a carattere di deposito massivo indice di un processo di messa in posto di **debris flow**.

Nello specifico dell'area di intervento è chiaramente visibile, lungo i fronti di scavo presenti, la natura massiva del deposito superficiale. Nei fronti di scavo, a valle, si rinviene, invece, la naturale stratificazione della conoide antica.

Dal punto di vista geomorfologico possono essere distinti in funzione dei processi morfoevolutivi prevalenti le seguenti aree:

le zone in cui è prevalente l'erosione diffusa e i crolli	<i>Fianchi dell'impluvio</i>
Le zone in cui è prevalente l'erosione concentrata	<i>Fondo dell'impluvio nella parte alta del bacino. Area di alimentazione del bacino</i>
Le aree di transito e deposizione	<i>Fondo dell'impluvio nella parte bassa del bacino e canale di collegamento tra bacino e conoide</i>
Le zone in cui è prevalente la deposizione.	<i>La conoide alla base del bacino</i>

Le aree di distacco sono state perimetrate tenendo conto della copertura continua detritica e dell'inclinazione prevalente $>30^\circ$.

La pendenza rappresenta un indice significativo delle forme che caratterizzano l'ambito morfologico sia delle aree di distacco che di invasione.

Di fatto per le aree di distacco si rilevano pendenze superiori ai 30° , tra i 15° e i 30° per le aree di transito e tra 15° e 5° nelle aree di invasione infine per pendenze inferiori ai 3° si hanno fenomeni di deposizione. È possibile rilevare come per pendenze superiori ai 45° siano prevalenti i processi di crollo.

L'assetto morfologico naturale è stato modificato dall'azione antropica sia in termini di attività agricola sia soprattutto come urbanizzazione dell'area: è presente un edificio abbastanza continuo nel corpo della conoide.

Inoltre, la rete drenante naturale risulta, ad oggi, parzialmente regimentata.

10. LIVELLO DI PERICOLOSITÀ DELL'AMBITO MORFOLOGICO

Sulla base di quanto rilevato in situ è possibile esprimere alcune valutazioni sul livello di pericolosità dell'ambito morfologico di pertinenza delle tre aree studiate.

	Zona	Note	Pericolosità
Verifica innesco	Fianchi degli impluvi	<i>Sono presenti pendenze degli ambiti di innesco ma non si rileva una copertura continua detritica mobilizzabile.</i>	Innesco medio
	Fondo degli impluvi nella parte alta dei bacini. Area di alimentazione dei bacini	<i>Sono presenti sia le pendenze elevate che la copertura detritica.</i>	Innesco bassa Transito alta
Verifica transito invasione	Fondo degli impluvi nella parte bassa del bacino	<i>La forma e la pendenza dell'impluvio indica una prevalenza di deposito. La diretta pertinenza delle aree di distacco indica una alta predisposizione al transito.</i>	Transito alta Invasione alta
Verifica invasione	La conoide alla base del bacino	<i>La conoide, sulla base di dati stratigrafici, è stata definita da processi di invasione e deposito secondo i meccanismi di debris flow. I volumi mobilizzabili continui nella parte alta del bacino, la presenza delle interferenze antropiche associate alla vegetazione arborea secolare presente indicano un'alta probabilità da invasione, soprattutto nella parte centrale ed apicale della conoide. Mentre nella zona distale si rileva una bassa probabilità di invasione.</i>	Transito bassa Invasione alta

Sulla base di tali considerazioni fin qui espresse e quindi su base qualitativa è possibile valutare **bassa** la pericolosità di entrambe le aree di interesse in quanto sebbene i bacini e le conoidi presentino caratteristiche geomorfologiche tipiche di processi di debris-flow, non vi sono, nei bacini di alimentazione volumi significativi di detrito mobilizzabile tali da invadere ambedue le aree in studio. In ogni caso per definire il livello di pericolosità **idraulica-idrogeologica** è necessaria una verifica analitica su base idraulica della propagazione di un evento tipo debris-flow. Pertanto successivamente si eseguirà, per tutte e due le aree di interesse, uno studio analitico della pericolosità idraulica da colata in area di conoide.

11. PERICOLOSITÀ IDRAULICA DA COLATA IN AREE DA CONOIDE

La valutazione della pericolosità idraulica in aree di conoide esposte ad eventi di colata detritico-fangosa richiede, in via preliminare, la stima di alcuni parametri fondamentali che possono caratterizzare l'evento, oltre che una scrupolosa attività di campo, consistente nella raccolta della necessaria documentazione tecnica e delle indagini in sito.

Ferma restante la natura multidisciplinare delle competenze coinvolte (geologia, geotecnica, meccanica dei fluidi, topografia, ecc.), nei paragrafi successivi ci si soffermerà sugli aspetti tipicamente idraulici, che possono essere sintetizzati nei seguenti punti:

- **magnitudo dell'evento, ovvero volume mobilitabile;**
- **idrogramma della colata;**
- **modellazione bi-dimensionale dei flussi di colata (flussi iperconcentrati), finalizzata alla valutazione dei percorsi di propagazione ed alla conseguente perimetrazione delle aree soggette a pericolo di invasione.**

12. STIMA DEL VOLUME POTENZIALMENTE MOBILITABILE (MAGNITUDO DELLA COLATA)

Tale grandezza va intesa come il limite superiore del volume potenzialmente coinvolto in un evento di colata. Tale volume si compone generalmente di due aliquote:

- volume proveniente dai versanti del bacino di alimentazione sotteso dalla sezione di interesse;
- volume eventualmente mobilitato durante l'evento per effetto del trasporto innescato dalla colata lungo il suo percorso all'interno delle incisioni.

La letteratura tecnico-scientifica fornisce alcune indicazioni sulle procedure di stima del volume mobilitabile che, come ormai noto, dipende da molteplici parametri che caratterizzano la natura geologica, geotecnica ed idraulica dei versanti interessati.

Ad ogni buon conto, sempre in via cautelativa, ai suddetti volumi è buona regola sommare anche il volume meteorico di acqua chiara corrispondente all'idrogramma di piena (triangolare) avente come portata al colmo la portata cinquantennale $Q_T = 50$, tenendo conto che il **periodo di ritorno di questi fenomeni alluvionali è dell'ordine di almeno 20 - 50 anni**. Quindi ai fini delle valutazioni successive, è stato assunto un valore totale del volume di colata W_c così determinato:

$$W_c = W_{\text{fango}} + W_{\text{H}_2\text{O}}$$

13. IDROGRAMMA DELLA COLATA O “FANGOGRAMMA” O “DEBRISGRAMMA”

Di particolare interesse ai fini dello studio della pericolosità idraulica risulta essere la definizione della modalità secondo cui il volume mobilitabile W_c è distribuito nel corso di un evento di colata; si tratta, in estrema sintesi, di ipotizzare quale sia l'idrogramma che caratterizza una colata di volume assegnato e pari appunto al volume mobilitabile.

Detta D_c la durata dell'evento di colata e $Q_{c,max}$ il massimo valore della portata della colata durante l'evento stesso, si tratta di valutare le possibili coppie di valori $(D_c, Q_{c,max})$ che forniscano un idrogramma della colata di volume pari a W_c .

Non esistendo criteri univoci per la stima dei singoli parametri D_c e $Q_{c,max}$, è lecito assumere che la durata D_c dell'evento di colata sia pari a due volte il tempo di corrivazione T_c del bacino idrografico sotteso, determinabile secondo le classiche formulazioni a base idrologica. Per conseguenza, ipotizzando un idrogramma di tipo triangolare, di volume pari a W_c , l'unica incognita $Q_{c,max}$ può essere semplicemente calcolata mediante la relazione:

$$Q_{c,max} = \frac{W_c}{T_c}$$

Tale relazione, ovviamente, rapportando la grandezza W_c , che può facilmente consistere in alcune decine di migliaia di metri cubi, al parametro T_c , che per bacini di modesta estensione è dell'ordine di alcuni minuti, fornisce valori di $Q_{c,max}$ che possono essere facilmente di alcuni ordini di grandezza superiori al valore della portata al colmo di acqua chiara del bacino stesso, ancorché assunto per periodi di ritorno elevati. Peraltro tale circostanza è confermata da numerosi dati reperibili in bibliografia, tra i quali si ritiene opportuno citare il contributo fornito da VANDINE (1996).

In particolare, per bacini di piccola estensione, la massima portata al colmo della colata può essere fino a 40 volte superiore alla portata meteorica caratterizzata da periodo di ritorno duecentennale.

Sulla scorta delle suddette considerazioni, è quindi possibile stimare l'idrogramma della colata (talvolta anche denominato **fangogramma o debrisgramma**) per l'area in esame esposta al rischio di colata.

14. DESCRIZIONE DEL MODELLO DI SIMULAZIONE IDRODINAMICA DELLA PROPAGAZIONE DELLA COLATA

Il fenomeno di propagazione di una colata detritico-fangosa è fondamentalmente controllato dalle resistenze al moto agenti sul flusso e dalla topografia caratteristica del dominio spaziale entro cui evolve il fenomeno.

La modellazione numerica, per lo specifico caso di studio, è stata condotta mediante il codice di calcolo FLO 2D per la simulazione di flussi bi-dimensionali a superficie libera che prevede la possibilità di modellare anche fluidi non newtoniani.

Le equazioni che canonicamente vengono utilizzate per la simulazione di flussi bidimensionali a superficie libera, sono costituite da un sistema di equazioni differenziali alle derivate parziali (equazione di continuità ed equazioni di conservazione della quantità di moto), di seguito riportato (O'BRIEN et al., 1993):

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial h V_x}{\partial x} + \frac{\partial h V_y}{\partial y} = q$$

$$J_x = i_x - \frac{\partial h}{\partial x} - \frac{V_x}{g} \frac{\partial V_x}{\partial x} - \frac{V_y}{g} \frac{\partial V_x}{\partial y} - \frac{1}{g} \frac{\partial V_x}{\partial t}$$

$$J_y = i_y - \frac{\partial h}{\partial y} - \frac{V_y}{g} \frac{\partial V_y}{\partial y} - \frac{V_x}{g} \frac{\partial V_y}{\partial x} - \frac{1}{g} \frac{\partial V_y}{\partial t}$$

essendo: h il tirante idrico; V_x e V_y sono le componenti della velocità mediata sulla verticale secondo la direzione x e la direzione y ; q è la portata in ingresso per unità di superficie; J_x e J_y sono le resistenze unitarie al moto; i_x e i_y sono le pendenze del fondo rispettivamente secondo la direzione x e y .

Per quanto riguarda il moto di "flussi iperconcentrati", ovvero correnti caratterizzate da elevate concentrazioni di sedimenti, le resistenze al moto dipendono fortemente anche dalle caratteristiche reologiche della miscela. In tale condizione, infatti, il termine generico di resistenza J può essere espresso come somma di diverse componenti:

$$J = J_{lim} + J_{vis} + J_{tur}$$

essendo: J_{lim} le resistenze da vincere per avere l'inizio del moto, J_{vis} le resistenze al moto di tipo viscoso, J_{tur} le resistenze al moto dovute agli sforzi turbolenti.

In particolare i termini che compaiono nella precedente equazione possono essere esplicitati secondo quanto di seguito indicato:

$$J_{lim} = \frac{\tau_{lim}}{\gamma_m h}$$

dove τ_{lim} è lo sforzo di soglia della miscela e γ_m è il suo peso specifico;

$$J_{vis} = \frac{K \mu V}{8 \gamma_m h^2}$$

dove μ è la viscosità dinamica della miscela, e K è il parametro di resistenza che per moto laminare in alveo rettangolare larghissimo e pari a 24;

$$J_{tur} = \frac{n_M^2 V^2}{R^{4/3}}$$

dove n_M è il coefficiente di Manning per la valutazione delle resistenze al moto in condizioni di moto uniforme, il cui valore va definito in funzione della scabrezza delle pareti e della concentrazione del materiale solido.

Per la definizione numerica dei parametri precedentemente richiamati, ci si è avvalsi di dati reperiti nella letteratura scientifica.

In linea generale tra le equazioni maggiormente utilizzate per la caratterizzazione reologica della miscela fangosa si ricordano le:

$$\mu = a e^{b C_v}$$

$$\tau_{lim} = \alpha e^{\beta \cdot C_v}$$

dove, appunto, C_v è la concentrazione volumetrica dei sedimenti e a , b , α e β sono coefficienti sperimentali tipici della miscela considerata.

Dunque le colate fangose sono modellate come flussi non omogenei e non newtoniani, in cui le proprietà del fluido possono variare significativamente durante la propagazione su superfici molto ripide o su conoidi alluvionali; di particolare importanza sono le proprietà della miscela fluida, che si compone di acqua e sedimenti fini, della geometria del canale, della pendenza e della scabrezza. Per alte concentrazioni di sedimenti, si alterano le proprietà del fluido quali la densità, la viscosità e gli sforzi di taglio e quindi il suo comportamento reologico.

Nelle simulazioni effettuate, le caratteristiche reologiche della colata fangosa sono state assunte sulla base di quelle riportate in letteratura e riportate nella tabella 3.

Sforzo di taglio (τ_y) e viscosità (μ_N) in funzione della concentrazione volumetrica. La tabella riporta i valori di $\alpha_{1,2}$ e $\beta_{1,2}$ che descrivono le diverse tipologie di colata. (Conversione: τ_y : 1 Pascal = 1 N/m² = 10 dynes/cm²; μ_N : 1 Pas = 10 dynes s/cm² = 10 poises). Parte dei riferimenti bibliografici relativi ai dati disponibili in lettura si trovano in O'Brien (1986).

Fonte	$\tau_y = \alpha e^{\beta C_v}$ (dynes/cm ²)		$\mu_N = \alpha e^{\beta C_v}$ (poises)	
	α_1	β_1	α_2	β_2
Dati ricavati da indagini reometriche				
Aspen Pit 1	0.181	25.7	0.0360	22.1
Aspen Pit 2	2.72	10.4	0.0538	14.5
Aspen Natural Soil	0.152	18.7	0.00136	28.4
Aspen Mine Fill	0.0473	21.1	0.128	12.0
Aspen Watershed	0.0383	19.6	0.000495	27.1
Aspen Mine Source Area	0.291	14.3	0.000201	33.1
Glenwood 1	0.0345	20.1	0.00283	23.0
Glenwood 2	0.0765	16.9	0.0648	6.20
Glenwood 3	0.000707	29.8	0.00632	19.9
Glenwood 4	0.00172	29.5	0.000602	33.1
Dati disponibili in letteratura				
Iida (1938)	-	-	0.0000373	36.6
Dai et al. (1980)	2.60	17.48	0.00750	14.39
Kang e Zhang (1980)	1.75	7.82	0.0405	8.29
Qian et al. (1980)	0.00136	21.2	-	-
	0.050	15.48	-	-
Chien e Ma (1958)	0.0588	19.1-32.7	-	-
Fei (1981)	0.166	25.6	-	-
	0.00470	22.2	-	-
Bertolo e Wiczorek (2005)	0.054	14.5	2.72	11

I valori dei coefficienti nelle relazioni che caratterizzano il comportamento reologico del fango ipotizzato sono riportati nella Tabella 4:

$\mu = \alpha e^{\beta C_v}$		$T_{lim} = \alpha e^{\beta C_v}$	
α	β	α	β
0.000602	33.10	0.00172	29.50

Tabella 4 – Glenwood 4

assumendo per la concentrazione C_v valori variabili tra 0.30 e 0.40.

La modellazione dei flussi iperconcentrati viene effettuata a partire dal punto di prima rottura di pendenza valutato.

15. DEFINIZIONE DEI LIVELLI DI PERICOLOSITÀ DA FLUSSO IPERCONCENTRATO

Le modellazioni dei flussi iperconcentrati, nei limiti dell'approssimazione propri della "sperimentazione numerica", sono certamente utili ai fini della perimetrazione delle aree soggette ad invasione da parte dei volumi fangosi mobilitati.

I valori dei tiranti della colata h e delle velocità di propagazione V , caratterizzanti i flussi fangosi nel dominio di calcolo, consentono quindi di stimare i livelli di pericolosità nelle aree soggette ad invasione, sulla base di una opportuna classificazione.

Nel caso specifico delle colate, a differenza dei criteri utilizzati per la definizione dei livelli di pericolosità in aree soggette a fenomeni di allagamento, è opportuno considerare attentamente anche la quantità di moto del flusso oltre che i tiranti.

Infatti, la capacità distruttiva di un fronte di colata dipende dalle sue caratteristiche impulsive e dinamiche oltre che dalla altezza del fronte. Pertanto, per lo studio in esame, si è provveduto ad individuare i livelli di pericolosità di seguito riportati in tabella.

Livello di Pericolosità	Massimo tirante h (m)		Intensità del flusso fangoso $h \cdot V$ (m^2/s)	Colore
Elevata	$h > 1.0 \text{ m}$	OR	$V \cdot h > 1 \text{ m}^2/s$	Rosso
Media	$0.3 < h < 1.0 \text{ m}$	OR	$0.3 < V \cdot h < 1 \text{ m}^2/s$	Arancio
Moderata	$0.1 < h < 0.3 \text{ m}$	AND	$V \cdot h < 0.3 \text{ m}^2/s$	Giallo
Bassa	$0 < h < 0.1 \text{ m}$	AND	$V \cdot h < 0.3 \text{ m}^2/s$	Bianco

Tabella 5 – Definizione dei livelli di pericolosità da colata detritica

16. CODICE DI CALCOLO FLO-2D

Il programma di calcolo **FLO-2D** è un modello idraulico bidimensionale a fondo fisso (nel caso di colate) oppure mobile (nel caso di trasporto solido). Esso è utilizzabile per simulare il flusso dell'acqua in corsi d'acqua anche di notevole larghezza o per la simulazione di flussi non-Newtoniani in aree di conoide. Il modello, ricevendo come input uno o più "idrogrammi di piena" ed utilizzando un approccio completamente dinamico, predice l'area di inondazione, la velocità e lo spessore del flusso dell'acqua o dei detriti per ogni cella in cui la topografia è stata discretizzata. Seguendo un metodo di integrazione numerica alle differenze finite, il programma risolve le equazioni di continuità e di conservazione della quantità di moto attraverso uno schema esplicito e centrato. L'equazione di continuità è la seguente:

$$i = \frac{\partial h_f}{\partial t} + \frac{\partial h_f u_x}{\partial x} + \frac{\partial h_f u_y}{\partial y}$$

L'intensità di pioggia efficace (i) deve essere diversa da zero per il flusso superficiale. Le equazioni del moto bidimensionale (equazione di conservazione della quantità di moto dell'onda dinamica) nelle direzioni x e y sono rispettivamente:

$$S_{ex} = S_{ox} - \frac{\partial h_f}{\partial x} - \frac{u_x}{g} \frac{\partial u_x}{\partial x} - \frac{u_y}{g} \frac{\partial u_y}{\partial y} - \frac{1}{g} \frac{\partial u_x}{\partial t}$$

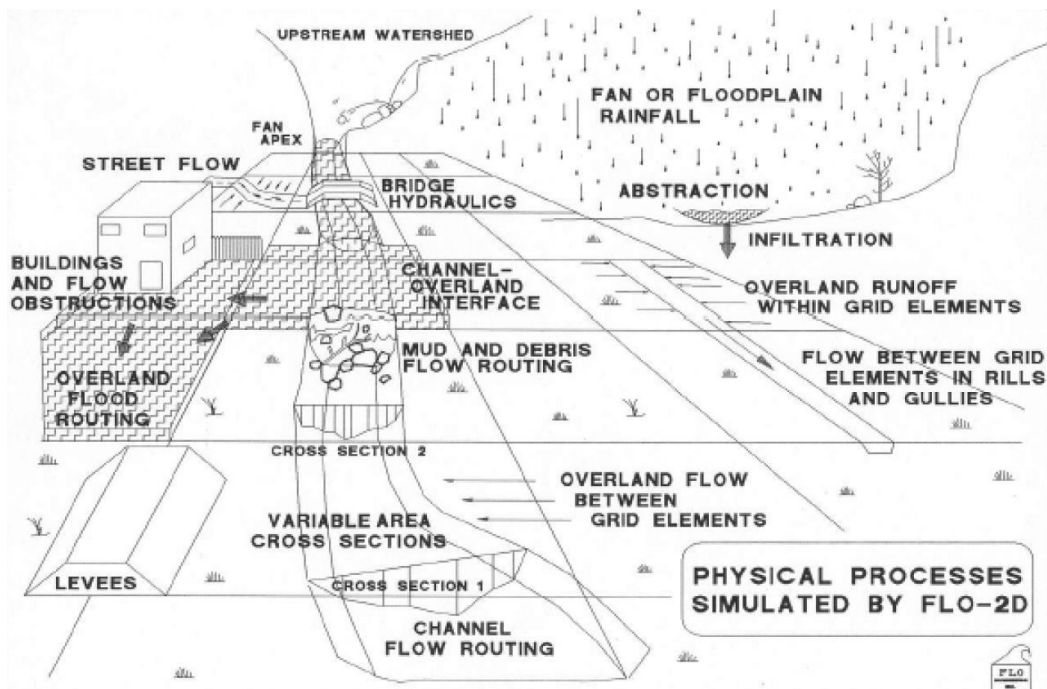
$$S_{ey} = S_{oy} - \frac{\partial h_f}{\partial y} - \frac{u_y}{g} \frac{\partial u_y}{\partial y} - \frac{u_x}{g} \frac{\partial u_x}{\partial x} - \frac{1}{g} \frac{\partial u_y}{\partial t}$$

dove:

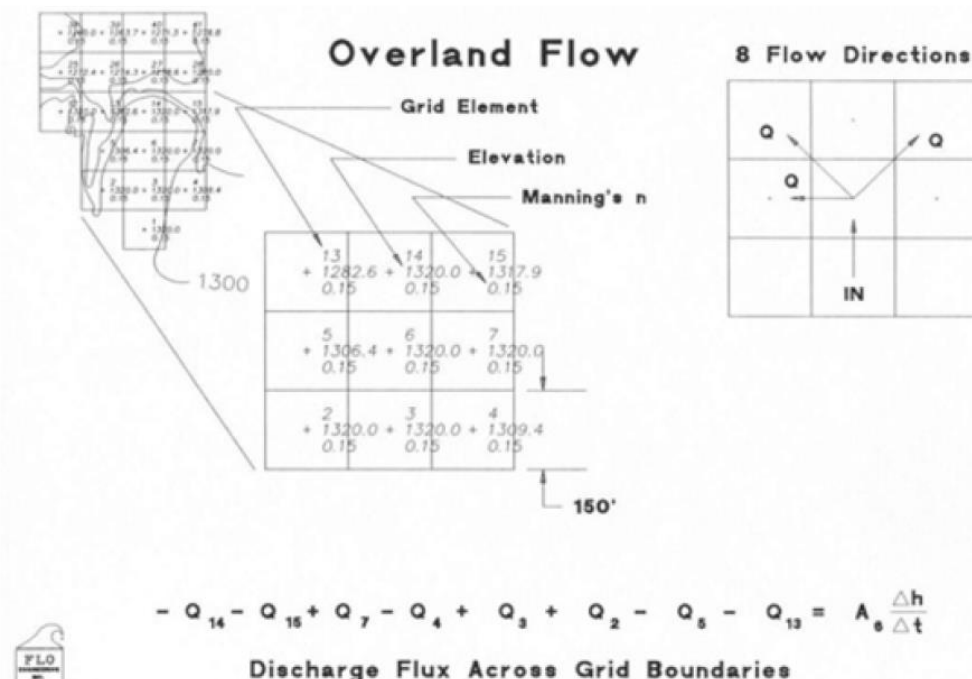
h_f = profondità del flusso;

u_x e u_y = velocità mediate sulla profondità lungo gli assi x e y .

Le cadenti energetiche S_{ex} e S_{ey} sono espresse in funzione delle pendenze medie del letto S_{ox} e S_{oy} , del gradiente di pressione, dell'accelerazione convettiva e locale. L'approssimazione dell'onda diffusiva all'equazione del moto si desume omettendo gli ultimi tre termini nelle equazioni dinamiche. Trascurando il termine di gradiente di pressione viene, infine, derivata una rappresentazione dell'onda cinematica dell'equazione del moto. L'utente di FLO-2D può scegliere fra l'equazione di onda diffusiva o l'onda dinamica completa, l'equazione dell'onda cinematica non viene invece impiegata nel modello FLO-2D. O'Brien (2003) consiglia di applicare l'equazione dinamica completa, fatto salvo che per semplici simulazioni di flusso superficiale su pendenze molto sostenute può essere accettabile utilizzare l'equazione diffusiva. I principali processi fisici simulabili attraverso il programma sono schematizzati nella seguente figura:



In molte applicazioni la sola simulazione del flusso superficiale sulla sola piana di inondazione ("floodplain") può essere sufficiente a pervenire a dei risultati accurati. In tutte quelle situazioni nelle quali prevale un moto di tipo unidimensionale (larghi corsi d'acqua) o dove la topografia della floodplain non riesce a cogliere con sufficiente dettaglio la depressione del canale è possibile implementare ulteriormente il modello inserendo, oltre alla floodplain, anche una successione di sezioni trasversali. L'equazione dinamica è implementata dal modello in modo "quasi bidimensionale", poiché FLO-2D rimane sempre ancorato ad un sistema di celle quadrate. L'equazione della pagina precedente è risolta calcolando la velocità media attraverso i confini della cella nelle otto direzioni potenziali di flusso (quattro cardinali e quattro diagonali). Il calcolo della velocità ad ogni passo temporale è essenzialmente unidimensionale e viene risolto indipendentemente dalle altre sette direzioni.



Gli elementi informativi di base della floodplain sono la quota e la scabrezza (n di Manning) di ogni cella e vengono definiti all'interno del file FPLAIN.DAT, mentre il numero progressivo e le coordinate spaziali di ciascun elemento della griglia sono contenuti all'interno del file CADPTS.DAT. Questi due file sono creati utilizzando il programma Grid Developer System (GDS), applicativo realizzato per facilitare la preparazione del "gridssystem". Oltre ai due file sopracitati i dati necessari per condurre una semplice

simulazione sulla floodplain sono: CONT.DAT: è il file di controllo dell'intera simulazione attraverso il quale viene impostato il tempo di simulazione; la presenza o meno di elementi quali la geometria del canale, le strade, gli argini e gli edifici; i processi fisici che si intendono simulare.

- TOLER.DAT: è il file attraverso il quale si stabilisce se le simulazioni avvengono utilizzando l'equazione di onda diffusiva o l'onda dinamica completa.
- INFLOW.DAT: è il file nel quale viene indicato il numero delle celle di ingresso del flusso e l'idrogramma liquido di ingresso associato a ciascuna di esse.
- OUTFLOW.DAT: è il file dove vengono indicati i numeri delle celle della griglia di calcolo dalle quali il flusso può fuoriuscire.

Altra peculiarità del modello FLO-2D è la possibilità di simulare diversi problemi di inondazione associati all'ostruzione del flusso. Il fattore di riduzione dell'area (ARF, Area ReductionFactor) e il fattore di riduzione delle larghezze (WRF, WidthReductionFactor) sono coefficienti che modificano l'individuale capacità di invaso degli elementi della griglia e l'ampiezza del flusso. L'ARF può essere usato per ridurre il volume di immagazzinamento negli elementi della griglia a causa di edifici o della topografia. Il WRF può essere assegnato ad ognuna delle otto direzioni del flusso negli elementi della griglia e può parzialmente o completamente ostruire il percorso della corrente nelle otto direzioni simulando muri, edifici o rilevati. L'ARF viene specificato come una percentuale del totale della superficie degli elementi della griglia (minore o uguale a 1.0). Il WRF viene specificato come una percentuale del lato dell'elemento della griglia (minore o uguale a 1.0). Per esempio, un muro può ostruire il 40% della larghezza del flusso di un lato dell'elemento della griglia e un edificio potrebbe coprire il 75% dello stesso elemento della griglia. Il flusso sulla strada viene, invece, simulato come il flusso su un canale rettangolare poco profondo delimitato dall'altezza del cordolo. Il file di input (STREET.DAT) è composto dalla descrizione delle strade. Un dato elemento della griglia può contenere una o più strade che si possono anche intersecare.

FLO-2D simula la propagazione di colate detritiche o fangose, trattandole come un mezzo continuo e viscoso. Per le colate di fango, il movimento della matrice fluida è governato dalla concentrazione di sedimento. FLO-2D utilizza un modello reologico quadratico per predire gli sforzi viscosi in funzione della concentrazione del sedimento. Al variare della concentrazione di sedimento, per un dato elemento della griglia, vengono simulati effetti di diluizione, cessazione della colata di fango e l'eventuale rimobilizzazione del deposito. Le colate di fango sono dominate da sollecitazioni viscosi e dispersive e costituiscono un fenomeno molto differente dal trasporto convenzionale di sedimento in sospensione al fondo. La propagazione della colata di fango e il comportamento reologico del flusso devono essere trattati come un continuum di acqua e sedimento mescolati. Colate di sedimento iperconcentrato come colate di fango o colate detritiche richiedono l'interazione di processi complessi tra fluido e sedimento, turbolenza, sforzo viscoso, scambio della quantità di moto tra fluido e sedimento, resistenza di forma delle particelle e collisione delle particelle di sedimento. Le particelle di sedimento possono collidere, fratturarsi e rotolare.

La coesione dei sedimenti fini controlla il comportamento non Newtoniano della matrice del fluido. Questa coesione contribuisce allo sforzo T_0 che deve essere superato per avviare la deformazione del fluido. Combinando le componenti di sforzo tangenziale e viscosità, viene stabilito il noto **modello plastico di Bingham**. Per alti valori di gradiente di velocità (da 10 s^{-1} a 50 s^{-1}), come si potrebbero verificare su ripidi conoidi alluvionali, si possono generare degli stress turbolenti. In flussi turbolenti, una componente aggiuntiva dello sforzo, lo stress dispersivo, può sorgere dalla collisione di particelle di sedimento sotto elevati valori di deformazione del flusso. Lo stress dispersivo si verifica quando grandi particelle di sedimento dominano il flusso e la percentuale di sedimento coesivo fine (limo e argilla) è bassa. Con l'aumento della concentrazione fine di sedimento, la turbolenza del flusso e l'impatto delle particelle verranno eliminate e il flusso finirà per essere laminare. La concentrazione di sedimento in un dato evento può variare drasticamente nel tempo e, come risultato, gli stress viscosi e turbolenti possono dominare alternativamente, producendo ondate improvvise e di breve durata. Lo sforzo tangenziale in flussi iperconcentrati, inclusi quelli descritti come colate detritiche o colate di fango, può essere calcolato in funzione del gradiente di velocità (du/dy) per mezzo del modello reologico quadratico (O'Brien e Julien, 1988) descritto precedentemente. La viscosità e lo sforzo prodotto vengono rappresentati in funzione della concentrazione di sedimento C_v di limo, argilla e in alcuni casi, di

sabbia fine e non considerano i clasti più grossolani trasportati dalla corrente. La viscosità di correnti iperconcentrate è funzione della proprietà della matrice fluida che comprende la concentrazione del sedimento, la percentuale ed il tipo di limo e argilla e la temperatura del flusso. Colate di fango viscosi hanno un'alta concentrazione e di conseguenza un alto valore di sforzo di taglio generato e possono comportarsi come un flusso laminare. Flussi meno viscosi sono sempre turbolenti.

I parametri per una colata di fango riportati nella tabella successiva rappresentano un range rappresentativo delle potenziali caratteristiche delle colate. Questi parametri sono in ragionevole accordo con quelli presenti in letteratura. Per simulare le colate di fango in FLO-2D la voce Mud/Debris nel CONT.DAT deve essere attivata e nel file SED.DAT, oltre al valore della gravità specifica del sedimento e del parametro K (parametro di resistenza per flussi laminari), devono essere specificati i parametri α_1 e β_1 relativi alla viscosità μ_N e i parametri α_2 e β_2 che regolano lo sforzo T_y . Una concentrazione volumetrica del sedimento (o un volume di sedimento) devono poi essere assegnati agli idrogrammi entranti, discretizzati temporalmente nel file INFLOW.DAT.

Table 4. Mudflow Behavior as a Function of Sediment Concentration			
	Sediment Concentration		Flow Characteristics
	by Volume	by Weight	
Landslide	0.65 - 0.80	0.83 - 0.91	Will not flow; failure by block sliding
	0.55 - 0.65	0.76 - 0.83	Block sliding failure with internal deformation during the slide; slow creep prior to failure
Mudflow	0.48 - 0.55	0.72 - 0.76	Flow evident; slow creep sustained mudflow; plastic deformation under its own weight; cohesive; will not spread on level surface
	0.45 - 0.48	0.69 - 0.72	Flow spreading on level surface; cohesive flow; some mixing
Mud Flood	0.40 - 0.45	0.65 - 0.69	Flow mixes easily; shows fluid properties in deformation; spreads on horizontal surface but maintains an inclined fluid surface; large particle (boulder) setting; waves appear but dissipate rapidly
	0.35 - 0.40	0.59 - 0.65	Marked settling of gravels and cobbles; spreading nearly complete on horizontal surface; liquid surface with two fluid phases appears; waves travel on surface
	0.30 - 0.35	0.54 - 0.59	Separation of water on surface; waves travel easily; most sand and gravel has settled out and moves as bedload
	0.20 - 0.30	0.41 - 0.54	Distinct wave action; fluid surface; all particles resting on bed in quiescent fluid condition
Water Flood	< 0.20	< 0.41	Water flood with conventional suspended load and bedload

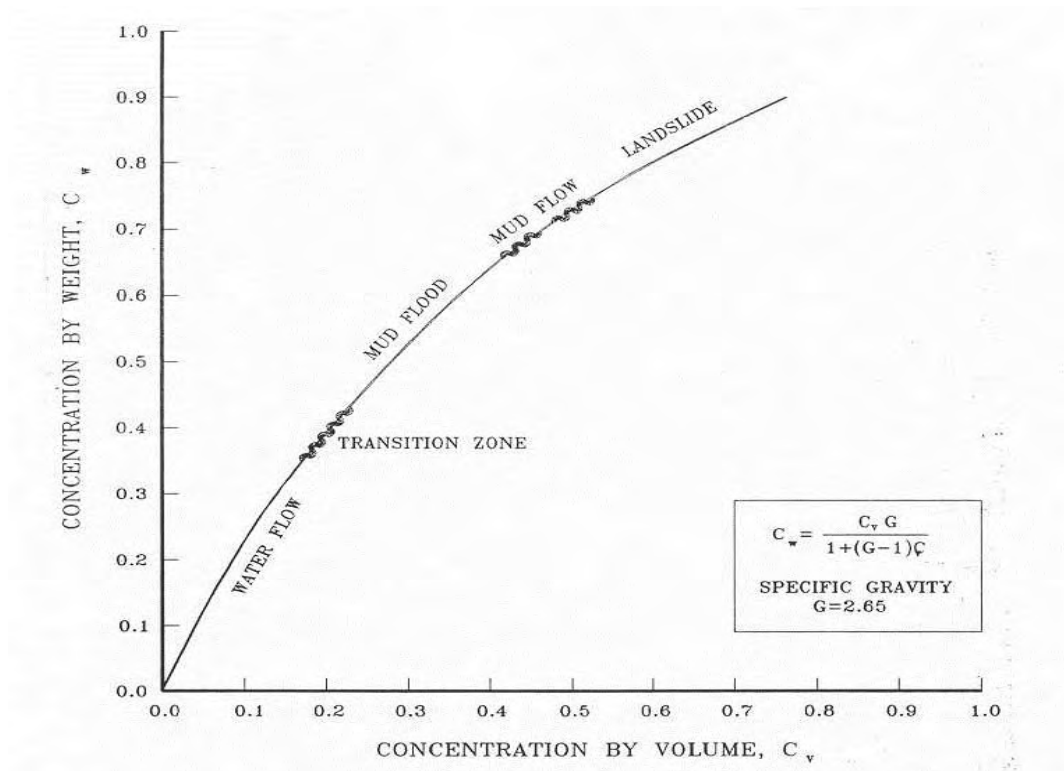


Figure 1. Classification of Hyperconcentrated Sediment Flows

Table 5 Resistance Parameters for Laminar Flow ¹	
Surface	Range of K
Concrete/asphalt	24 -108
Bare sand	30 - 120
Graded surface	90 - 400
Bare clay - loam soil, eroded	100 - 500
Sparse vegetation	1,000 - 4,000
Short prairie grass	3,000 - 10,000
Bluegrass sod	7,000 - 50,000
¹ Woolhiser (1975)	

Tabella 2

Parametri di resistenza per Flussi Laminari¹

Superficie	Intervallo di K
Cemento / asfalto	24 -108
Privo di sabbia	30 - 120
Superficie graduate	90 - 400
Privo di argilla - terreno vegetale, eroso	100 - 500
Vegetazione sparsa	1,000 - 4,000
Prato con erba corta	3,000 - 10,000
Zolle erbose denresse	7 000 - 50 000

Sforzo di taglio (τ_y) e viscosità (μ_N) in funzione della concentrazione volumetrica. La tabella riporta i valori di $\alpha_{1,2}$ e $\beta_{1,2}$ che descrivono le diverse tipologie di colata. (Conversione: τ_y : 1 Pascal = 1 N/m² = 10 dynes/cm²; μ_N : 1 Pas = 10 dynes s/cm² = 10 poises). Parte dei riferimenti bibliografici relativi ai dati disponibili in lettura si trovano in O'Brien (1986).

Fonte	$\tau_y = \alpha e^{\beta C_v}$ (dynes/cm ²)		$\mu_N = \alpha e^{\beta C_v}$ (poises)	
	α_1	β_1	α_2	β_2
Dati ricavati da indagini reometriche				
Aspen Pit 1	0.181	25.7	0.0360	22.1
Aspen Pit 2	2.72	10.4	0.0538	14.5
Aspen Natural Soil	0.152	18.7	0.00136	28.4
Aspen Mine Fill	0.0473	21.1	0.128	12.0
Aspen Watershed	0.0383	19.6	0.000495	27.1
Aspen Mine Source Area	0.291	14.3	0.000201	33.1
Glenwood 1	0.0345	20.1	0.00283	23.0
Glenwood 2	0.0765	16.9	0.0648	6.20
Glenwood 3	0.000707	29.8	0.00632	19.9
Glenwood 4	0.00172	29.5	0.000602	33.1
Dati disponibili in letteratura				
Iida (1938)	-	-	0.0000373	36.6
Dai et al. (1980)	2.60	17.48	0.00750	14.39
Kang e Zhang (1980)	1.75	7.82	0.0405	8.29
Qian et al. (1980)	0.00136	21.2	-	-
	0.050	15.48	-	-
Chien e Ma (1958)	0.0588	19.1-32.7	-	-
Fei (1981)	0.166	25.6	-	-
	0.00470	22.2	-	-
Bertolo e Wicczorek (2005)	0.054	14.5	2.72	11

L'area di inondazione della colata di fango, la massima altezza e la velocità del flusso possono essere determinati più volte, variando le concentrazioni di sedimento nell'idrogramma di entrata (INFLOW.DAT). Saranno sufficienti alcune prove per illustrare rapidamente l'effetto che si ottiene cambiando la concentrazione di sedimento. In particolare si osserva che molte colate di fango seguono un modello distinto di sviluppo del flusso che porta a far variare la concentrazione volumetrica del sedimento nel corso della durata dell'evento. Ad esempio può succedere che inizialmente arrivi all'apice del conoide solo acqua prodotta dal bacino a cui fa seguito una pulsazione o un'onda frontale di fango o detriti che determina un incremento della concentrazione volumetrica del sedimento la quale diminuirà nelle fasi finali dell'evento. Quando si avvia la simulazione di una colata su un conoide alluvionale, FLO-2D mantiene la continuità sia per l'acqua che per il sedimento. Viene, infatti, calcolata la variazione di acqua e di volume di sedimento per ogni elemento della griglia e per ogni intervallo temporale di calcolo. Alla fine della simulazione il programma riporta la quantità di acqua e di sedimento rimossa dall'area in esame (outflow) e la quantità e la localizzazione dell'acqua e del sedimento rimasto sul conoide o nel canale (storage).

17. CASO DI STUDIO

17.1 Stima della magnitudo dell'evento o del volume potenzialmente mobilitabile

Per la valutazione dei volumi potenzialmente mobilitabili ad opera di eventi franosi si è eseguita una procedura basata sull'individuazione di alcuni parametri. In primo luogo, attraverso la redazione della Carta della Suscettibilità all'innesco, si sono definiti i settori del bacino da cui un ipotetico evento franoso potesse raggiungere il fondovalle ed interessare il centro abitato. Si è quindi valutato il volume della frana di maggiori dimensioni ("**frana di progetto**"), sulla base della sua energia di rilievo e dello spessore delle coperture, ed ipotizzando la geometria del corpo di frana.

La metodologia per la valutazione della suscettibilità all'innesco ha tenuto conto soprattutto della presenza degli spessori detritici che ricoprono i versanti carbonatici del bacino di alimentazione della conoide studiata, dell'acclività dei versanti e di tutti gli altri parametri morfologici e fisiografici citati in precedenza.

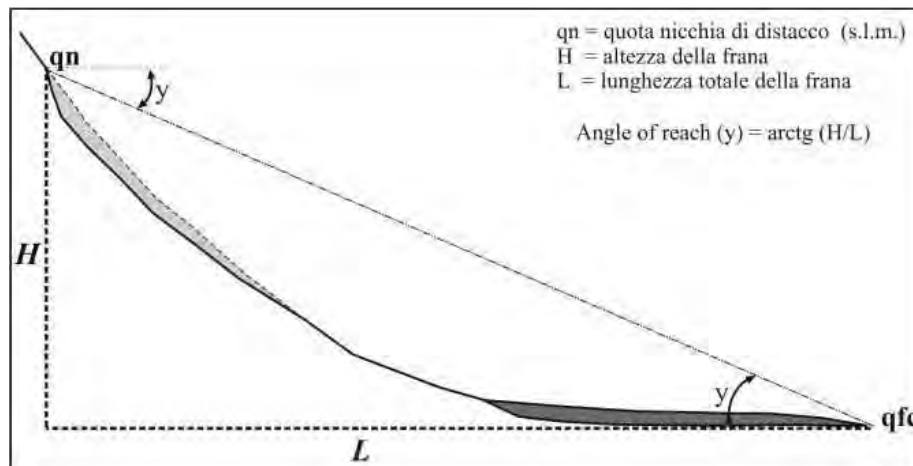
Al fine di redigere la carta degli spessori delle coltri di copertura, congiuntamente con il geologo incaricato, sono stati effettuati diversi sopralluoghi, spingendosi lungo le pendici dei bacini di alimentazione delle conoidi oggetto di studio eseguendo un dettagliato report fotografico degli spaccati stratigrafici rinvenuti.

Per la valutazione preventiva del potenziale di invasione della frana di progetto nel sito di interesse, sono stati valutati i profili topografici rappresentativi dei possibili percorsi di frana adottando il metodo dell'**'angle of reach'** (angolo di estensione - HEIM, 1932), applicando un valore di quest'ultimo rappresentativo di frane del tipo incanalate (**debris torrents**) ovvero pari a 15° (valori estremamente cautelativi). Esso è dato dal rapporto di due grandezze (Fig. 4.4):

- H = dislivello misurato dalla quota massima del coronamento di frana (q_n) e la quota assoluta dell'unghia del cumulo di frana (q_{fc});
- L = distanza orizzontale misurata a partire dal coronamento fino all'unghia del cumulo di frana.

In pratica quindi:

$$\text{Angolo di Estensione } (y) = \arctg H/L = \arctg (q_n - q_{fc})/L$$



Rappresentazione schematica dell'angolo di estensione.

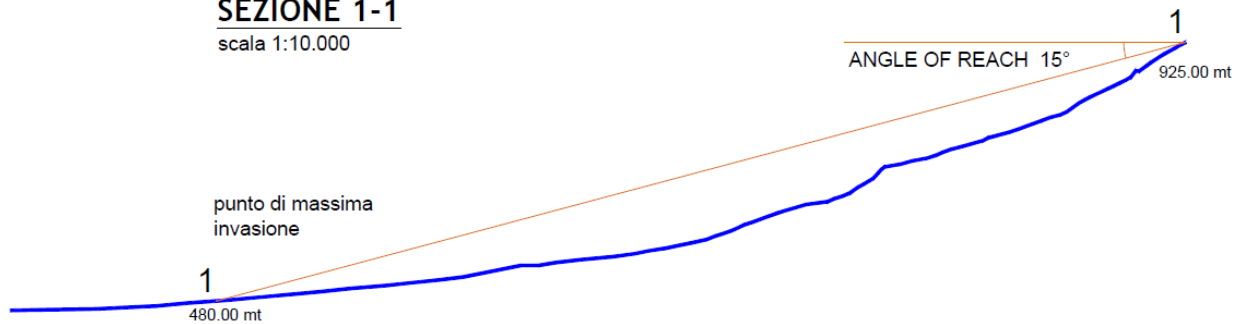
Inoltre, è stato considerato il profilo longitudinale della conoide studiata, costruito considerando la direzione della bisettrice del cono stesso. Da tale costruzione è stato osservato che il cono presenta almeno una significativa rottura di pendenza che consente di individuare un settore apicale, più acclive, ed un settore distale caratterizzato da pendenze più blande.

Considerando che i potenziali fenomeni di trasporto solido più intensi (maggiore granulometria dei clasti) hanno minore possibilità di verificarsi nelle porzioni più distali delle conoidi, si può ritenere che nel range di acclività $3^\circ - 6^\circ$ ci possa essere già l'arresto/deposizione del potenziale fenomeno di debris flow.

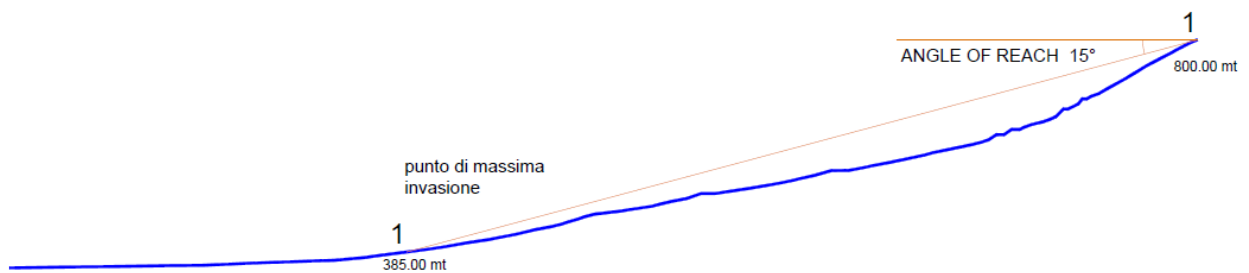
Si è quindi proceduti nella valutazione del volume di frana con volume maggiore (frana di progetto 1 in loc. Filette, frana di progetto 1 e frana di progetto 3 in loc. Piè delle vigne), sulla base della sua energia di rilievo e dello spessore delle coperture, ed ipotizzando la geometria del corpo di frana.

SEZIONE 1-1

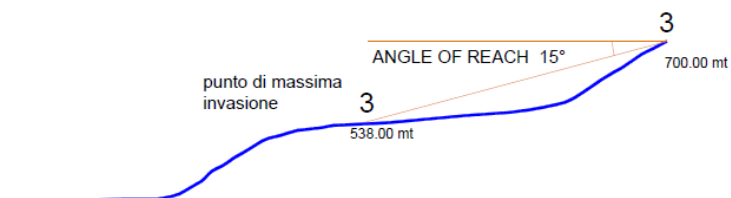
scala 1:10.000

**LOC. FILETTE****SEZIONE 1-1**

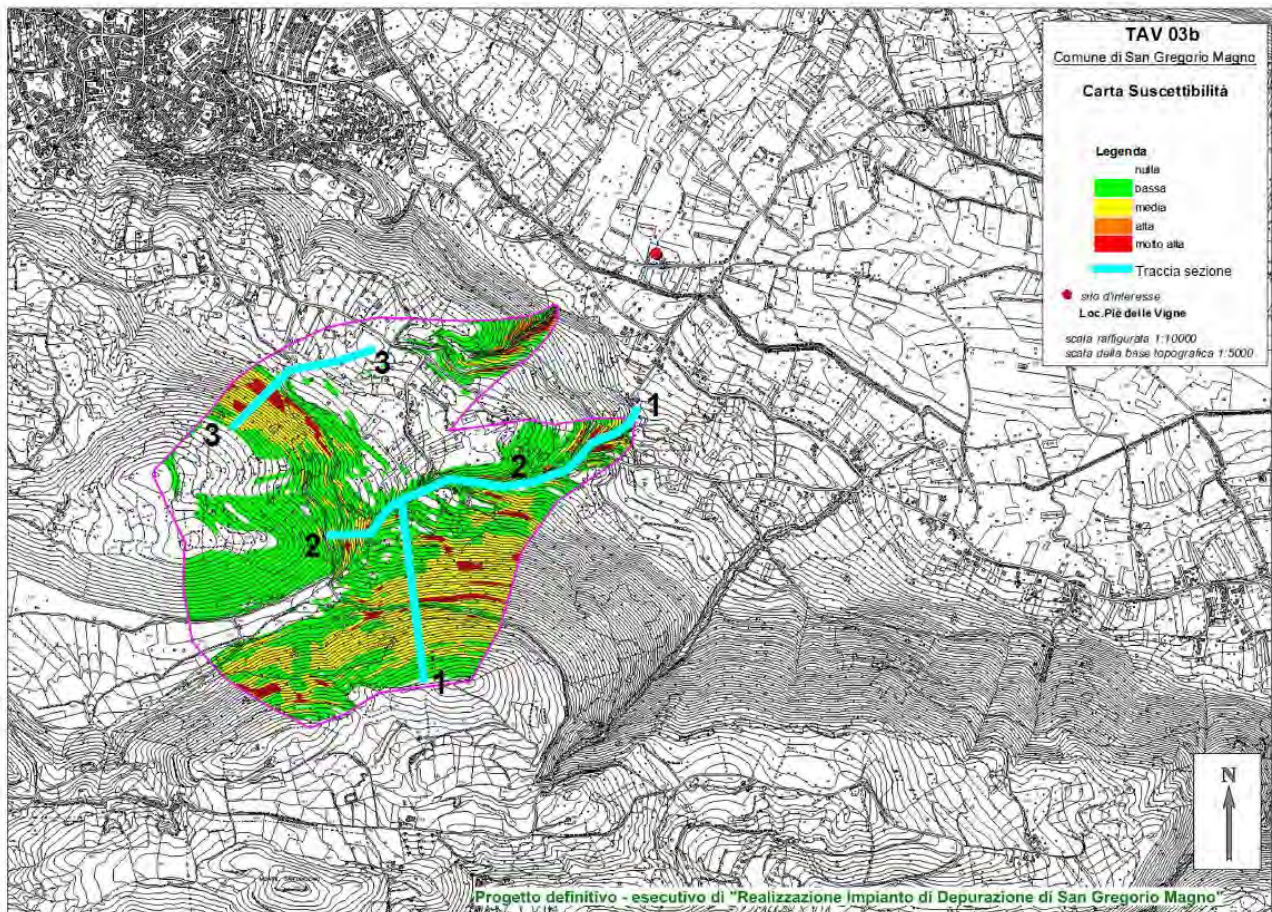
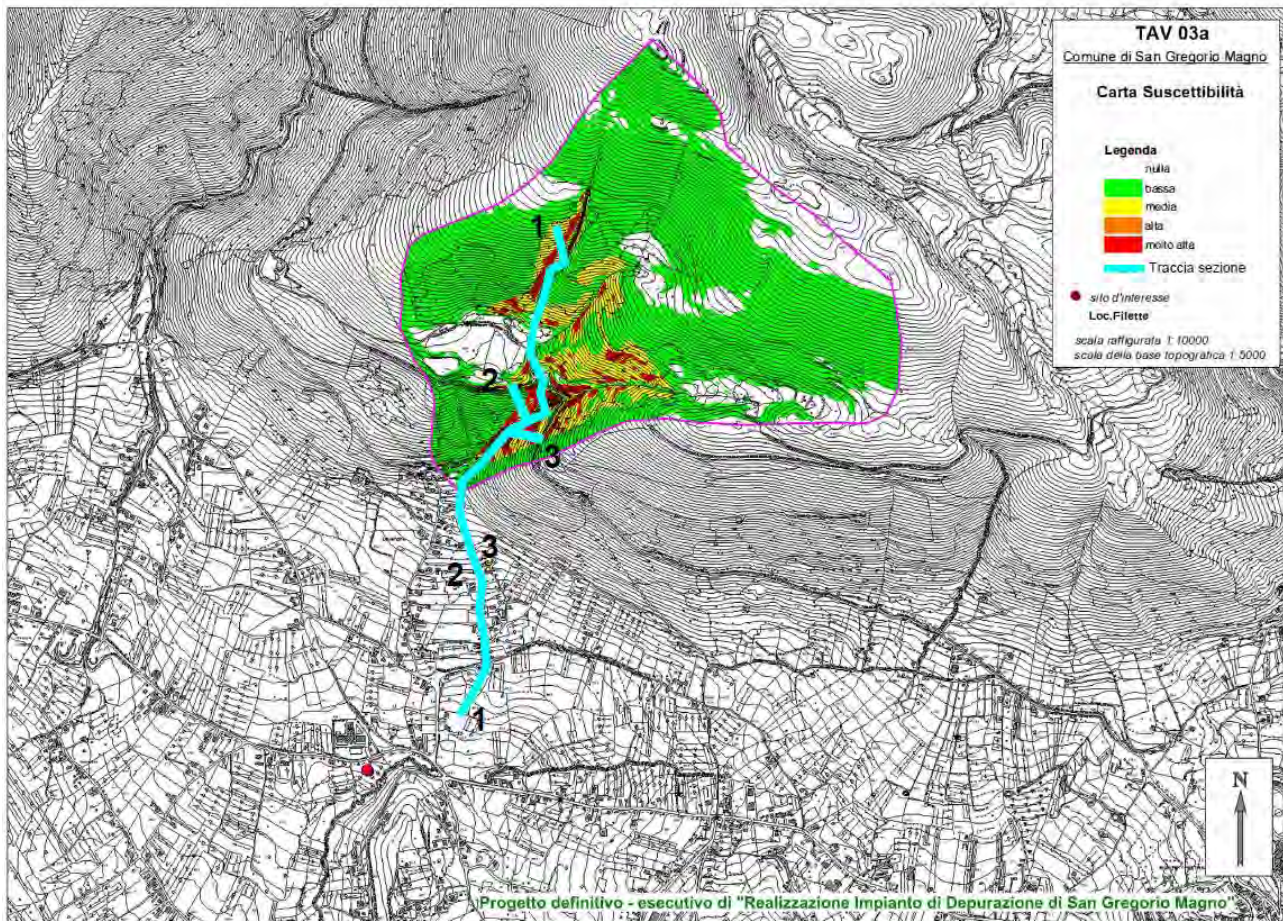
scala 1:10.000

**LOC. PIÈ DELLE VIGNE****SEZIONE 3-3**

scala 1:10.000

**LOC. PIÈ DELLE VIGNE**

Profilo longitudinale dei probabili percorsi di frana con indicazione dell'angle of reach (15°) (frane di progetto)



Per valutare il potenziale di invasione, sotto il profilo morfometrico, nel sito di interesse sono state tracciate tracciato n°6 sezioni topografiche (n°3 nel bacino di alimentazione in loc. Filette e n°3 nei bacini di alimentazione in loc. Piè delle vigne) ritenute rappresentative dei possibili percorsi delle frane. Nelle sezioni topografiche considerate applicando il metodo dell'angle of reach, metodo rappresentativo per frane del tipo incanalate, con valori di angolo di circa 15°, è stato possibile osservare che molte frane, potenzialmente innescabili, determinerebbero zone di invasione circoscritte agli ambiti del bacino di alimentazione, ovvero lontane dal fondovalle.

Dopo aver appurato quali sono i versanti sui quali si potrebbero innescare frane suscettibili di raggiungere il fondovalle, per i bacini di alimentazione studiati, si è valutato il volume della frana di maggiore dimensione ("frana di progetto"), sulla base della suscettibilità all'innescio dei versanti, ipotizzando la geometria del corpo di frana, per i bacini di alimentazione in studio.

Bacino di alimentazione in loc. Filette

Per la valutazione dell'impronta del corpo di frana, ipotizzando l'innescio nella parte alta del versante (sezione topografica 1-1, Carta della Suscettività da frana), alla quota di circa 925 mt, è stata definita la sua impronta su base geomorfologica seguendo l'ampiezza dell'impluvio lungo il quale si potrebbe incanalare la frana. Essa avrebbe una larghezza media di 6 m ed una lunghezza di circa 145 m, calcolata dalla zona di innescio alla prima rottura di pendenza del versante. L'area totale dell'impronta così stimata è di circa 870 m².

Dopo aver definito la potenziale area in frana si è cercato di definire il volume potenzialmente mobilitabile, tenendo conto dello spessore delle coperture presenti sul versante.

Poiché la Carta degli spessori mostra coperture variabili tra 0,50 e 2 m, si è deciso di prendere in considerazione il valore medio di spessore, ovvero pari ad 1 m.

Ipotizzando il coinvolgimento di uno spessore costante sul versante, il volume potenzialmente mobilitabile risulta pari a 870 m³.

A questi volumi si devono aggiungere quelli presenti sul fondo dell'alveo nella zona che potrebbero essere coinvolti dalla frana innescatasi più a monte. È stata quindi calcolata l'area del canale nel tratto compreso tra la prima rottura di pendenza del versante e l'unghia dell'ipotetica frana calcolata con l'angle of reach. L'area di questo tratto è pari a circa 9.150 m².

Rilevamenti geologici hanno mostrato la presenza di materiale detritico-alluvionale avente uno spessore medio di circa 0,50-2 m, si è deciso di prendere in considerazione il valore medio di spessore, ovvero pari ad 1 m per una lunghezza complessiva di circa 9.150 m. Per tale motivo, il volume di materiale mobilitabile nel canale è stato valutato in circa 9.150 m³.

Alla luce dei calcoli suddetti, prendendo in considerazione un volume calcolato pari a 870 m³ e sommando a questo il contributo del volume rimobilitabile nell'alveo nella zona di fondovalle, è possibile ipotizzare un volume totale pari a circa:

- **10.020 m³.**

Bacino di alimentazione in loc. Piè delle vigne - A

Per la valutazione dell'impronta del corpo di frana, ipotizzando l'innescio nella parte alta del versante (sezione topografica 3-3, Carta della Suscettività da frana), alla quota di circa 700 mt, è stata definita la sua impronta su base geomorfologica seguendo l'ampiezza dell'impluvio lungo il quale si potrebbe incanalare la frana. Essa avrebbe una larghezza media di 5 m ed una lunghezza di circa 190 m, calcolata dalla zona di innescio alla prima rottura di pendenza del versante. L'area totale dell'impronta così stimata è di circa 950 m².

Dopo aver definito la potenziale area in frana si è cercato di definire il volume potenzialmente mobilitabile, tenendo conto dello spessore delle coperture presenti sul versante.

Poiché la Carta degli spessori mostra coperture variabili tra 0,50 e 2 m, si è deciso di prendere in considerazione un valore di spessore pari a 0,50 m, anche in considerazione della rilevante acclività del versante.

Ipotizzando il coinvolgimento di uno spessore costante sul versante, il volume potenzialmente mobilitabile risulta pari a 475 m³.

A questi volumi si devono aggiungere quelli presenti sul fondo dell'alveo nella zona che potrebbero essere coinvolti dalla frana innescatasi più a monte. È stata quindi calcolata l'area del canale nel tratto compreso tra la prima rottura di pendenza del versante e l'unghia dell'ipotetica frana calcolata con l'angle of reach. L'area di questo tratto è pari a circa 2.250 m².

Rilevamenti geologici hanno mostrato la presenza di materiale detritico-alluvionale avente uno spessore medio di circa 2-4 m, si è deciso di prendere in considerazione un valore di spessore pari ad 1 m per una lunghezza complessiva di circa 450 m. Per tale motivo, il volume di materiale mobilitabile nel canale è stato valutato in circa 4.500 m³.

Alla luce dei calcoli suddetti, prendendo in considerazione un volume calcolato pari a 475 m³ e sommando a questo il contributo del volume rimobilitabile nell'alveo nella zona di fondovalle, è possibile ipotizzare un volume totale pari a circa:

- **4.975 m³.**

Bacino di alimentazione in loc. Piè delle vigne B

Per la valutazione dell'impronta del corpo di frana, ipotizzando l'innescò nella parte alta del versante (sezione topografica 1-1, Carta della Suscettività da frana), alla quota di circa 800 mt, è stata definita la sua impronta su base geomorfologica seguendo l'ampiezza dell'impluvio lungo il quale si potrebbe incanalare la frana. Essa avrebbe una larghezza media di 5 m ed una lunghezza di circa 180 m, calcolata dalla zona di innescò alla prima rottura di pendenza del versante. L'area totale dell'impronta così stimata è di circa 900 m².

Dopo aver definito la potenziale area in frana si è cercato di definire il volume potenzialmente mobilitabile, tenendo conto dello spessore delle coperture presenti sul versante.

Poiché la Carta degli spessori mostra coperture variabili tra 0,50 e 2 m, si è deciso di prendere in considerazione un valore di spessore pari a 0,50 m, anche in considerazione della rilevante acclività del versante.

Ipotizzando il coinvolgimento di uno spessore costante sul versante, il volume potenzialmente mobilitabile risulta pari a 450 m³.

A questi volumi si devono aggiungere quelli presenti sul fondo dell'alveo nella zona che potrebbero essere coinvolti dalla frana innescatasi più a monte. È stata quindi calcolata l'area del canale nel tratto compreso tra la prima rottura di pendenza del versante e l'unghia dell'ipotetica frana calcolata con l'angle of reach. L'area di questo tratto è pari a circa 2.515 m².

Rilevamenti geologici hanno mostrato la presenza di materiale detritico-alluvionale avente uno spessore medio di circa 2-4 m, si è deciso di prendere in considerazione un valore di spessore pari ad 2 m per una lunghezza complessiva di circa 503 m. Per tale motivo, il volume di materiale mobilitabile nel canale è stato valutato in circa 5.030 m³.

Alla luce dei calcoli suddetti, prendendo in considerazione un volume calcolato pari a 450 m³ e sommando a questo il contributo del volume rimobilitabile nell'alveo nella zona di fondovalle, è possibile ipotizzare un volume totale pari a circa:

- **4.480 m³.**

È il caso di ribadire che, anche se questi valori sono da ritenersi del tutto orientativi, tuttavia essi possono dare un utile contributo per la successiva implementazione del modello idraulico, in quanto forniscono una buona idea dell'ordine di grandezza di un ipotetico fenomeno franoso. Indagini più approfondite e mirate

alla maggiore definizione degli spessori della coltre detritica (scavi, trincee ed indagini geofisiche) potrebbero rendere ancora più attendibili questi valori.

Si ricorda, infine, che i calcoli si riferiscono ad un singolo evento di frana, ritenuto comunque il caso più verosimile, pur se meno gravoso di un ipotetico evento multiplo. Quest'ultima fenomenologia, benché non possa escludersi del tutto, negli ultimi decenni si è verificata in pochissime circostanze, in concomitanza di eventi pluviometrici molto intensi, e comunque coinvolgendo versanti molto più gerarchizzati, con la presenza di spessori di copertura più elevati e dotati di maggiore energia di rilievo, come nei casi dell'alluvione del salernitano del 1954 e di Pizzo d'Alvano del 1998.

17.2 Definizione dell'idrogramma della colata o debrisgramma

Bacino di alimentazione in loc. Filette

Avendo stimato il Volume W_c della colata pari a circa 10.020 m^3 , per il caso studiato, è stato ipotizzato un idrogramma triangolare della colata di durata pari a circa 61,2 minuti, ovvero pari a circa due volte il valore del tempo di corrivazione dei due bacini di alimentazione della conoide.

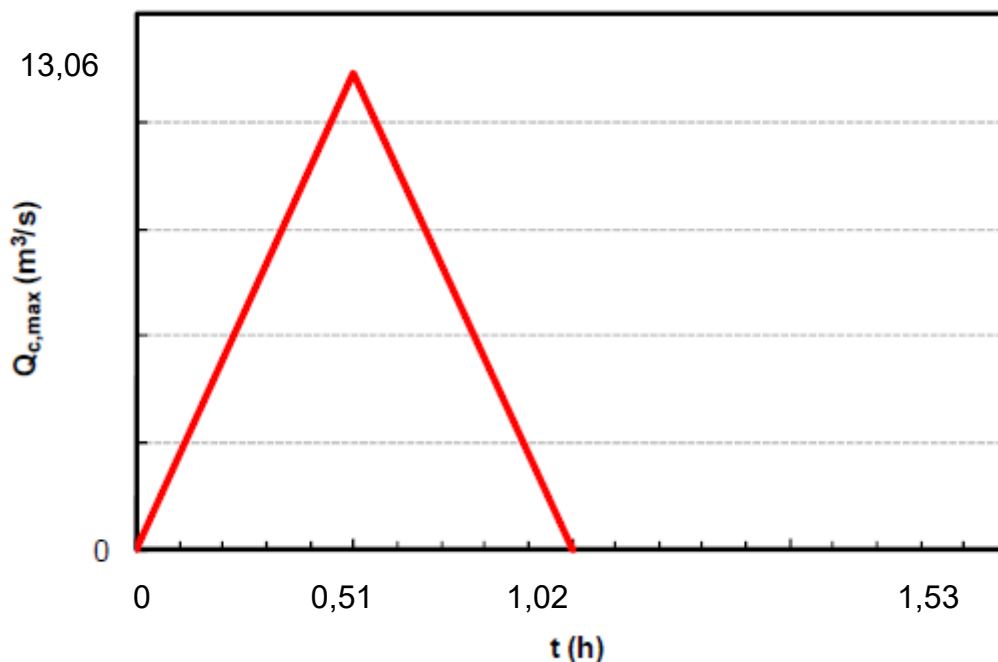
Pertanto il valore della portata al colmo della colata $Q_{c,max}$, dato dal rapporto tra W_c e T_c , può essere stimato pari a circa $5,42 \text{ m}^3/\text{s}$.

Ad ogni buon conto, sempre in via cautelativa, alla suddetta portata stimata è stata sommata la portata meteorica di acqua chiara al colmo di piena corrispondente ad un periodo di ritorno cinquantennale, che per il bacino in esame risulta pari a $Q_{50} = 7,64 \text{ m}^3/\text{s}$.

Quindi ai fini delle valutazioni successive è stato assunto un valore totale della portata al colmo della colata pari a:

$$Q_{c,max} = Q_{fango} + Q_{50}$$

$$Q_{c,max} = 13,06 \text{ m}^3/\text{s}$$



Idrogramma della colata frana di progetto ($W_c=10.020 \text{ m}^3$)

Bacino di alimentazione in loc. Piè delle vigne -A

Avendo stimato il Volume W_c della colata pari a circa 4.975 m^3 , per il caso studiato, è stato ipotizzato un idrogramma triangolare della colata di durata pari a circa 54 minuti, ovvero pari a circa due volte il valore del tempo di corrivazione dei due bacini di alimentazione della conoide.

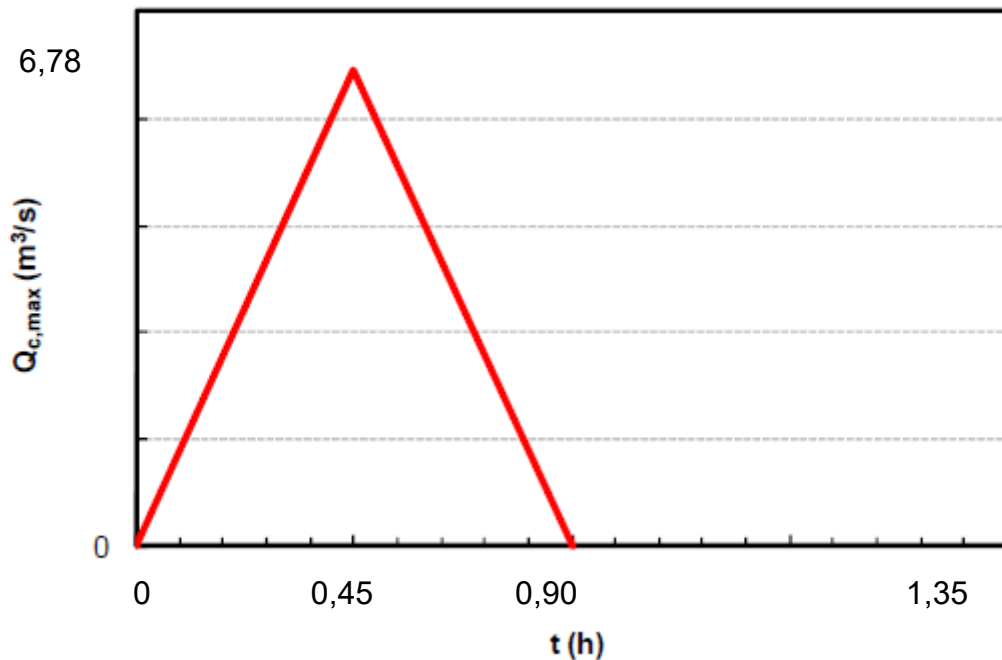
Pertanto il valore della portata al colmo della colata $Q_{c,max}$, dato dal rapporto tra W_c e T_c , può essere stimato pari a circa $3,08 \text{ m}^3/\text{s}$.

Ad ogni buon conto, sempre in via cautelativa, alla suddetta portata stimata è stata sommata la portata meteorica di acqua chiara al colmo di piena corrispondente ad un periodo di ritorno cinquantennale, che per il bacino in esame risulta pari a $Q_{50} = 3,70 \text{ m}^3/\text{s}$.

Quindi ai fini delle valutazioni successive è stato assunto un valore totale della portata al colmo della colata pari a:

$$Q_{c,max} = Q_{fango} + Q_{50}$$

$$Q_{c,max} = 6,78 \text{ m}^3/\text{s}$$



Idrogramma della colata frana di progetto ($W_c=4.975 \text{ m}^3$)

Bacino di alimentazione in loc. Piè delle vigne -B

Avendo stimato il Volume W_c della colata pari a circa 5.480 m^3 , per il caso studiato, è stato ipotizzato un idrogramma triangolare della colata di durata pari a circa 100,80 minuti, ovvero pari a circa due volte il valore del tempo di corrivazione dei due bacini di alimentazione della conoide.

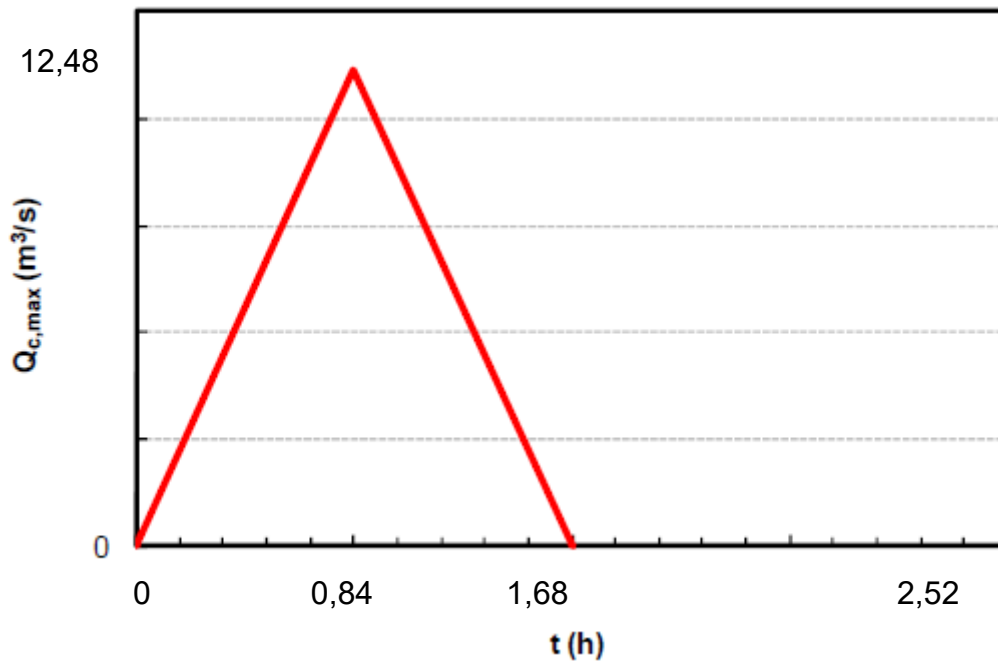
Pertanto il valore della portata al colmo della colata $Q_{c,max}$, dato dal rapporto tra W_c e T_c , può essere stimato pari a circa $1,82 \text{ m}^3/\text{s}$.

Ad ogni buon conto, sempre in via cautelativa, alla suddetta portata stimata è stata sommata la portata meteorica di acqua chiara al colmo di piena corrispondente ad un periodo di ritorno cinquantennale, che per il bacino in esame risulta pari a $Q_{50} = 10,66 \text{ m}^3/\text{s}$.

Quindi ai fini delle valutazioni successive è stato assunto un valore totale della portata al colmo della colata pari a:

$$Q_{c,max} = Q_{fango} + Q_{50}$$

$$Q_{c,max} = 12,48 \text{ m}^3/\text{s}$$



Idrogramma della colata frana di progetto ($Wc=5.480 \text{ m}^3$)

Il calcolo della portata meteorica di acqua chiara al colmo di piena corrispondente ad un periodo di ritorno cinquantennale è stato esperito mediante una legge di stima del valore della piena indice adottata dall'Autorità di Bacino Interregionale del fiume Sele e riportata nelle Norme Tecniche di Attuazione del PAI.

La legge summenzionata mette in relazione il valore della piena indice $\mu(Q)$ con alcune grandezze fisiche del bacino. In particolare, è stato considerato un legame logaritmico con l'area drenante del tipo:

$$\log \mu(Q) = a' + b' \log(A)$$

Sono stati stimati i parametri a' b' e la relazione derivata per la stima della piena indice è pertanto la seguente:

$$\log \mu(Q) = 0.4 + 0.77 \log(A)$$

La procedura per la valutazione del massimo annuale della portata al colmo con assegnato periodo di ritorno Q_T , considerando il metodo del valore indice, prevede due passi distinti:

1. Stima del fattore di crescita K_T , relativo al periodo di ritorno T ;
2. Stima della piena indice $\mu(Q)$.

T (anni)	30	50	100	200	500
K_T	2.28	2.61	3.08	3.54	4.17

Il valore del massimo annuale della portata al colmo con assegnato periodo di ritorno si ottiene quindi con la seguente equazione:

$$Q_T = K_T \mu(Q)$$

Per le conoidi studiate sono stati considerati tre bacini di alimentazione, il primo denominato bacino Piè delle vigne presenta un'area di circa 1,22 km², il secondo denominato bacino Filette A presenta un'area di circa 0,48 km² e terzo denominato bacino Filette B presenta un'area di circa 1,488 km² e. Per i bacini appena menzionati, come già detto in precedenza, le portate meteoriche di acqua chiara al colmo di piena corrispondenti ad un periodo di ritorno cinquantennale risultano rispettivamente pari a:

- **bacino Filette** $Q_{50} = 7,64 \text{ m}^3/\text{s}.$
- **bacino Piè delle vigne A** $Q_{50} = 3,70 \text{ m}^3/\text{s}.$
- **bacino Piè delle vigne B** $Q_{50} = 10,66 \text{ m}^3/\text{s}.$

18. IMPLEMENTAZIONE IN FLO-2D DEL MODELLO IDRAULICO BIDIMENSIONALE PER LA SIMULAZIONE DEL POTENZIALE FENOMENO DI DEBRIS FLOW NELL'AREA DA CONIOIDE IN STUDIO

Per l'implementazione in FLO-2D del caso di studio, è stato necessario procedere preliminarmente alla esecuzione delle seguenti operazioni:

- Acquisizione del modello digitale del terreno (DTM), a partire dalla Cartografia Ufficiale della Regione Campania del 2004 in scala 1:5.000;
- Raccolta di documentazione sugli interventi realizzati nell'area di studio;
- Esecuzione di sopralluoghi finalizzati al conseguimento di una adeguata conoscenza dei luoghi oggetto di studio.

Il modello digitale del terreno è stato costruito in modo da ottenere una griglia di calcolo in cui la dimensione elementare della maglia fosse di dimensione 5 x 5.

All'interno del DTM sono state opportunamente inglobate le opere ed i manufatti più salienti che potessero interferire con la modellazione numerica del fenomeno di propagazione del flusso di colata.

L'area di studio è infine interessata dalla esistenza di assi viari, la cui presenza è stata opportunamente inserita nel modello digitale del terreno, in quanto possono costituire via di deflusso preferenziale dei flussi di colata.

Da un punto di vista strettamente operativo, l'idrogramma in ingresso è stato inserito in corrispondenza delle maglie del DTM ubicate in prossimità delle sezioni di chiusura dei bacini di alimentazione della conoide studiata, ovvero in corrispondenza dell'inizio del canale di collegamento tra l'apice topografico e l'apice idrografico della conoide, tale scelta è stata effettuata anche per tenere conto che il volume totale della colata comprende anche i sedimenti mobilizzati dal flusso iperconcentrato durante la propagazione lungo il vallone.

Le elaborazioni effettuate, nei limiti delle approssimazioni proprie della "sperimentazione numerica" hanno consentito di stimare le aree soggette ad invasione da parte dei volumi detritici provenienti dal bacino di alimentazione della conoide.

I valori dei tiranti "idrici" h e delle velocità di propagazione V , caratterizzanti i flussi detritici nel dominio di calcolo, hanno consentito di stimare i livelli di pericolosità delle aree soggette ad invasione, sulla base della classificazione riportata al paragrafo 15.

Si precisa che nell'implementazione del codice di calcolo FLO-2D si sono utilizzati i coefficienti di Manning riportati nella seguente tabella ed incorniciati in rosso.

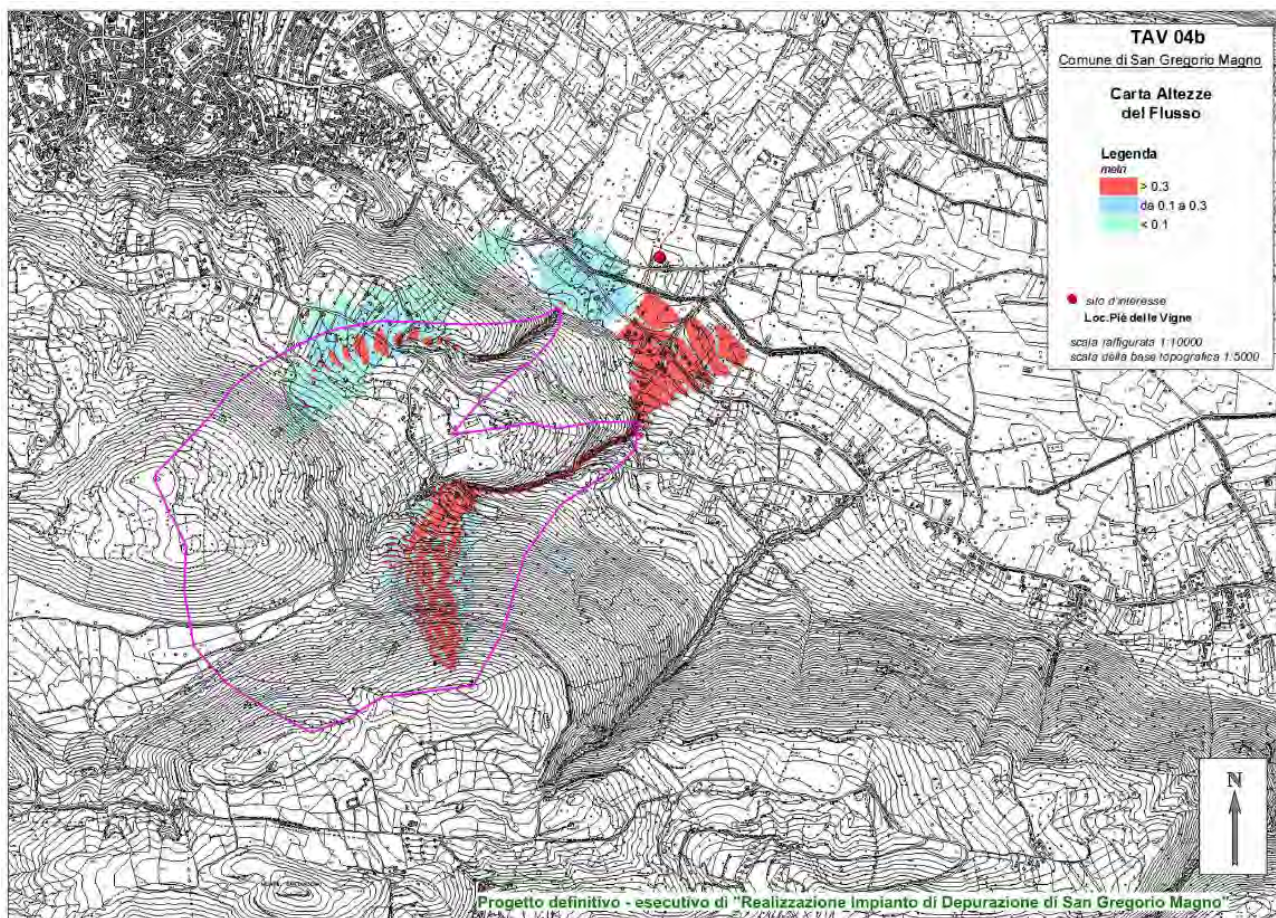
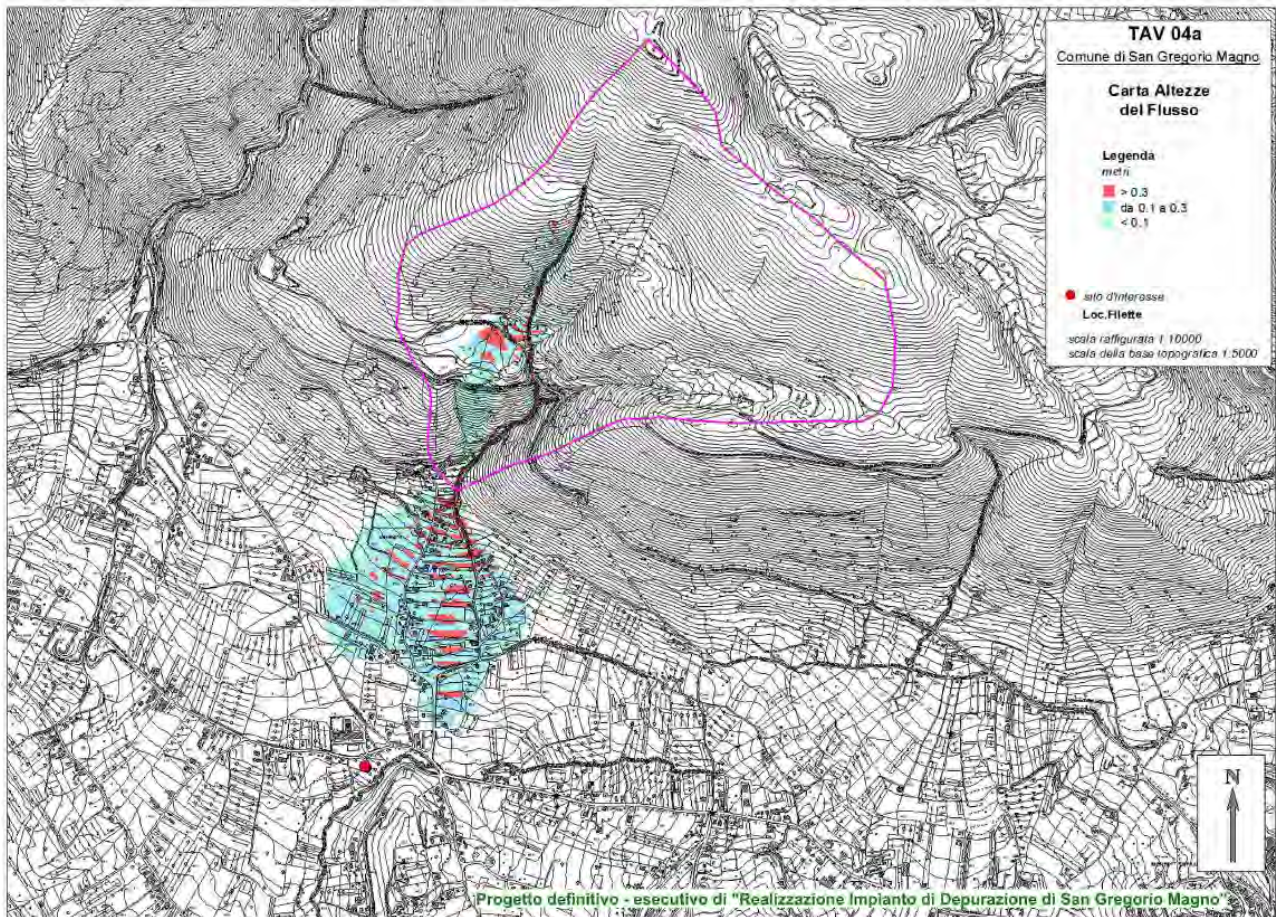
DESCRIZIONE DEL CORSO D'ACQUA: ALVEO E AREA GOLENALE	n Manning ($m^{-1/3} \cdot s$)	k_s Strickler ($m^{1/3} \cdot s^{-1}$)
<i>tratti montani dei corsi d'acqua naturali con salti, rocce o vegetazione arbustiva-arborea in alveo</i>	0.040÷0.033	25÷30
<i>corsi d'acqua regolari con vegetazione e movimento di materiale sul fondo</i>	0.033÷0.028	30÷35
<i>corsi d'acqua di pianura, con andamento regolare e scarsa presenza di vegetazione</i>	0.028÷0.025	35÷40
<i>tratti urbanizzati dei corsi d'acqua, con fondo naturale e pareti in massi regolari cementati</i>	0.028÷0.025	35÷40
<i>corsi d'acqua con fondo e pareti totalmente cementati, in buono stato e privi di manufatti in alveo</i>	0.025÷0.022	40÷45
<i>tratti tombinati perfettamente lisciati e dotati di dispositivi di trattenuta di materiale flottante o di trasporto</i>	0.020÷0.018	50÷55
<i>aree golenali verdi, caratterizzate da vegetazione regolare e alberi di medie dimensioni</i>	0.050÷0.040	20÷25
<i>aree golenali a prato, con erba tagliata e assenza di alberi</i>	0.033÷0.025	30÷40
<i>aree urbane adibite a parcheggio o con strade abbastanza ampie</i>	0.020÷0.018	50÷55

Dall'esame delle cartografie di seguito riportate si evince che i volumi di colata simulati per i bacini analizzati ovvero:

- Filette (magnitudo della colata pari a **10.020 m³**),
- Piè delle vigne A (magnitudo della colata pari a **4.975 m³**),
- Piè delle vigne B (magnitudo della colata pari a **5.480 m³**),

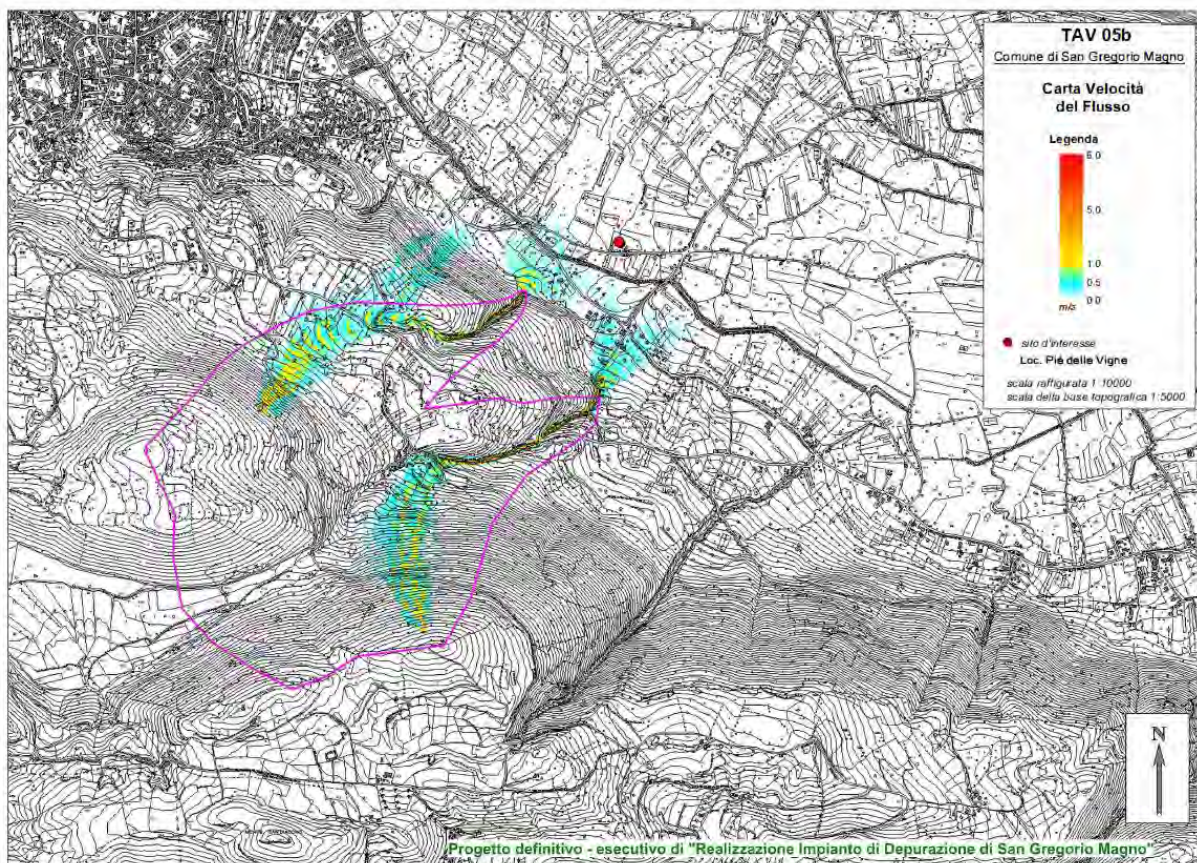
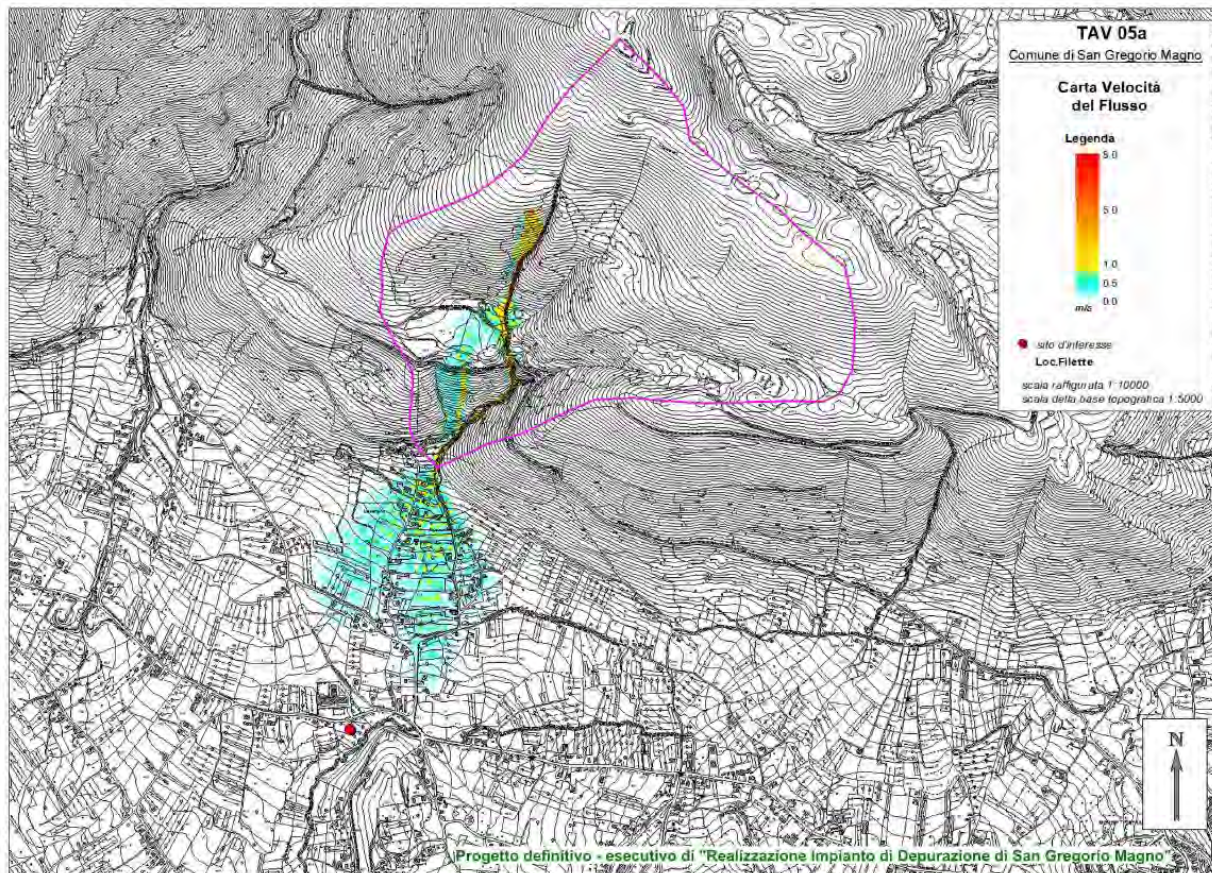
risultano arrestarsi più a monte rispetto alle aree oggetto di intervento, pertanto non vi è rischio per tali aree di essere inondate da volumi detritici potenzialmente mobilitabili dai versanti dei bacini di alimentazione delle conoidi studiate. In particolare, nel caso della conoide denominata Filette la distanza tra l'area di intervento e il massimo avanzamento della frana di progetto (runout) risulta essere pari a 300 mt, mentre per le conoidi denominate Piè delle vigne tale distanza risulta essere maggiore 100 mt.

Pertanto, l'intervento edilizio a farsi risulta compatibile con scenari di pericolosità idraulica simulati, potenzialmente innescabili nell'area d'interesse.



Carta delle altezze del flusso della colata detritica

Da quanto espresso in precedenza consegue che il fenomeno di arresto/invasione (**Ronout**), per fenomeni del tipo **debris flows**, non coinvolge, per gli scenari idraulici simulati, le aree oggetto di intervento, pertanto, per quest'ultime, si possono considerare livelli di pericolosità bassi e/o irrilevanti.



Carta delle velocità del flusso della colata detritica

19. SINTESI DEI RISULTATI E NOTE CONCLUSIVE

Alla luce di quanto esposto nei capitoli precedenti e quindi ai fini della valutazione della compatibilità idraulica dell'intervento in progetto, dall'analisi di carattere geomorfologica-geotecnica-idrologica ed idraulica, mirata ad individuare le zone potenzialmente interessate da invasione/deposito (**Runout**) di materiale detritico alluvionale connessa/o al verificarsi di potenziali fenomeni di tipo **debris flows**, si giunge alle seguenti considerazioni conclusive:

- dall'analisi morfologica e morfometrica del sistema bacino di alimentazione- conoide detritica (ambito morfologico) esperite si evince che, per le aree oggetto dell'intervento edilizio, è possibile valutare bassa la pericolosità da frana in quanto sebbene i bacini e le rispettive conoidi presentino caratteristiche geomorfologiche tipiche di processi di debris-flow, non vi sono, nei bacini di alimentazione volumi significativi di detrito mobilizzabile, connessi con l'energia del rilievo, tali da invadere le aree studiate;
- dalla valutazione preventiva, su base morfometrica, del potenziale di invasione della frana di progetto nei siti di interesse, effettuata analizzando i profili topografici rappresentativi dei possibili percorsi di frana adottando il metodo dell'**angle of reach** (angolo di estensione - HEIM, 1932), applicando un valore di quest'ultimo rappresentativo di frane del tipo incanalate (**debris torrents**) ovvero 15° (valore cautelativo), nonché dall'analisi del profilo longitudinale della conoide studiata, costruito considerando la direzione della bisettrice del cono stesso, si evince che il fenomeno di arresto/invasione (**Ronout**), conseguente al verificarsi di un movimento franoso di tipo **debris flows**, non coinvolgerebbe le aree oggetto di intervento;
- nei bacini di alimentazione vi sono dei condizionamenti morfologici indotti dalla presenza di vegetazione arborea secolare, la qual funge da ostacolo ad una potenziale propagazione di una colata detritica. Tale vegetazione è presente anche lungo le conoidi, pertanto la stessa riduce significativamente la suscettibilità di invasione da frana delle aree oggetto di intervento;
- Dall'esame delle cartografie di seguito riportate si evince che i volumi di colata simulati per i bacini analizzati ovvero:
 - Filette (magnitudo della colata pari a **10.020 m³**),
 - Piè delle vigne A (magnitudo della colata pari a **4.975 m³**),
 - Piè delle vigne B (magnitudo della colata pari a **5.480 m³**),

risultano arrestarsi più a monte rispetto alle aree oggetto di intervento, pertanto non vi è rischio per tali aree di essere inondate da volumi detritici potenzialmente mobilitabili dai versanti dei bacini di alimentazione delle conoidi studiate. In particolare, nel caso della conoide denominata Filette la distanza tra l'area di intervento e il massimo avanzamento della frana di progetto (runout) risulta essere pari a 300 mt, mentre per le conoidi denominate Piè delle vigne tale distanza risulta essere maggiore 100 mt.

- Da quanto espresso in precedenza consegue che il fenomeno di arresto/invasione (**Ronout**), per fenomeni del tipo **debris flows**, non coinvolge, per gli scenari idraulici simulati, le aree oggetto di intervento, pertanto, per quest'ultime, si possono considerare livelli di pericolosità bassi e/o irrilevanti.
- i calcoli si riferiscono a singoli eventi di frana, ritenuti comunque quelli più verosimili, pur se meno gravosi di un ipotetico evento multiplo. Quest'ultima fenomenologia, benché non possa escludersi del tutto, negli ultimi decenni si è verificata in pochissime circostanze, in concomitanza di eventi pluviometrici molto intensi, e comunque coinvolgendo versanti molto più gerarchizzati, con la presenza di spessori di copertura più elevati e dotati di maggiore energia di rilievo, come nei casi dell'alluvione del salernitano del 1954 e di Pizzo d'Alvano del 1998.

Pertanto, dall'analisi critica dei calcoli idrologici-idraulici eseguiti in precedenza, si può affermare che le opere previste in progetto non interferiranno con il regime idraulico dei valloni studiati, quindi non

altereranno gli stessi, non produrranno ostacoli al normale libero deflusso delle acque, non pregiudicheranno una loro possibile futura sistemazione idraulica e non ridurranno la loro capacità di invaso.

Inoltre, si può asserire che, le opere in progetto non determineranno un aumento delle attuali condizioni del rischio di esondazione e/o di invasione/deposito (**Runout**) di materiale detritico alluvionale connessa/o al verificarsi di fenomeni di tipo **debris flows**, nonché risultano coerenti con gli obiettivi del PAI.

Va altresì considerato che le valutazioni espresse sono condizionate da quanto rilevato in situ ad oggi, per cui al fine di confermarle va verificata la permanenza di tali condizioni. In particolare si fa riferimento ad eventi che possano modificare i volumi continui mobilizzabili nell'impluvio quali crolli e/o interventi antropici.

Pertanto, a conclusione del presente studio, si riconosce la *compatibilità idraulica* delle opere a farsi con il regime idrodinamico degli ambiti morfologici analizzati, in quanto le trasformazioni che gli interventi comporteranno non costituiranno in alcun modo, incremento della pericolosità e del rischio di invasione/deposito (**Runout**) di materiale detritico alluvionale connessa/o al potenziale verificarsi di fenomeni di tipo **debris flows**.

Tanto dovevasi in merito all'incarico conferitoci.

San Gregorio Magno (SA), giugno 2021

IL GEOLOGO

(dott. Angelo Goffredo)

I PROGETTISTI

(Arch. Angelo Giuseppe Turco - U.T.C.)

(Ing. Mario PolICASTRO)



ALLEGATI

1. Carta degli spessori delle coperture del bacino di alimentazione della conoide;
2. Carta topografica con classi di acclività;
3. Carta della suscettività da frana con sezioni;
4. Carta delle velocità delle colate detritiche;
5. Carta delle altezze dei flussi delle colate detritiche;

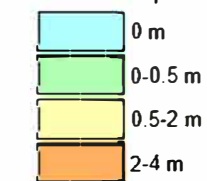
TAV 01a

Comune di San Gregorio Magno

**Carta Spessori
delle Coperture**

Legenda

classi di spessori

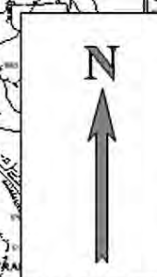


● sito d'interesse

Loc.Filette

scala raffigurata 1:10000

scala della base topografica 1:5000



Progetto definitivo - esecutivo di "Realizzazione Impianto di Depurazione di San Gregorio Magno"

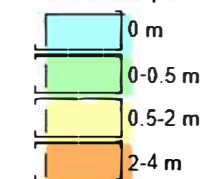
TAV 01b

Comune di San Gregorio Magno

**Carta Spessori
delle Coperture**

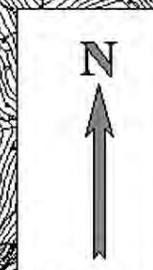
Legenda

classi di spessori

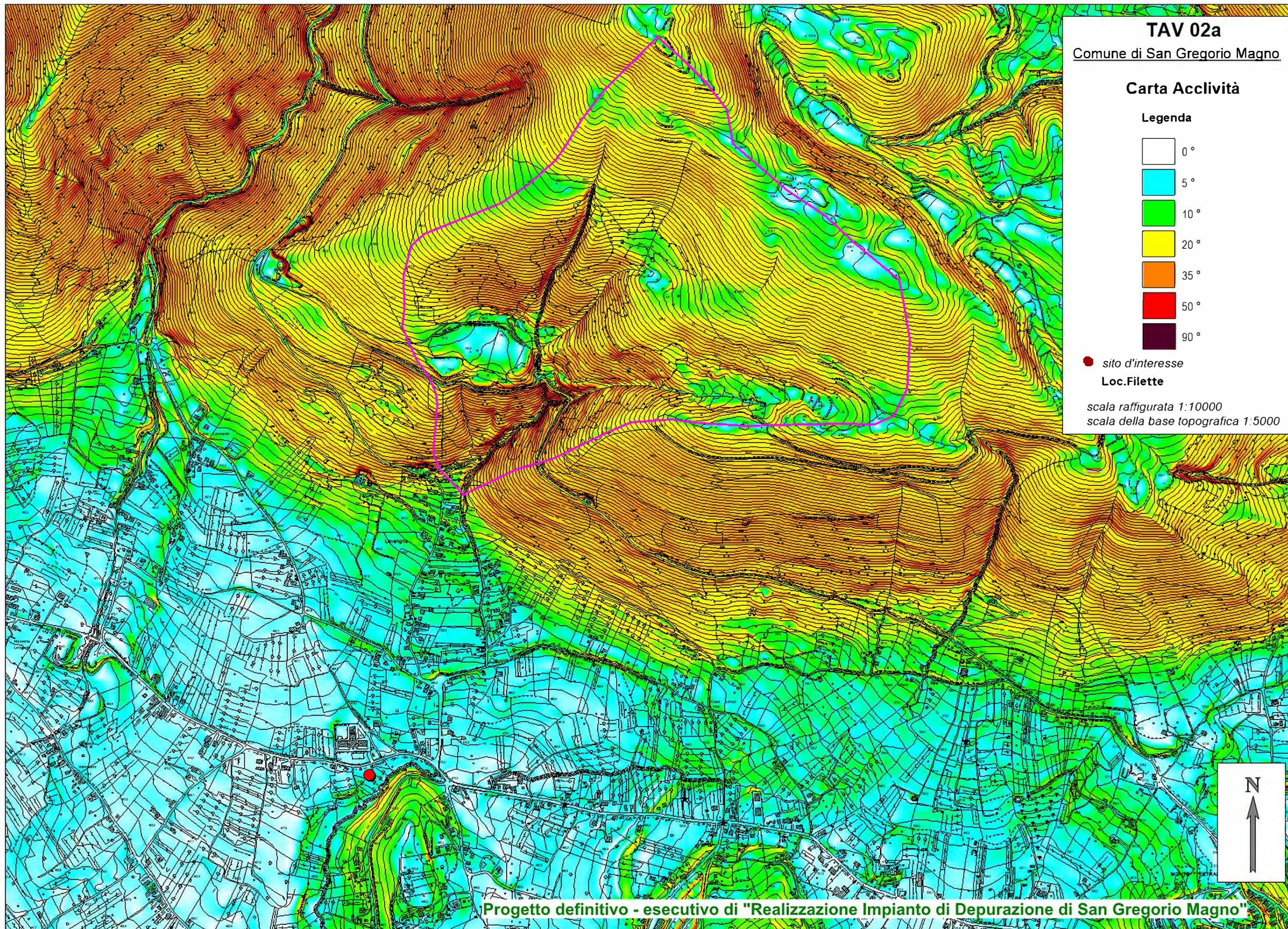


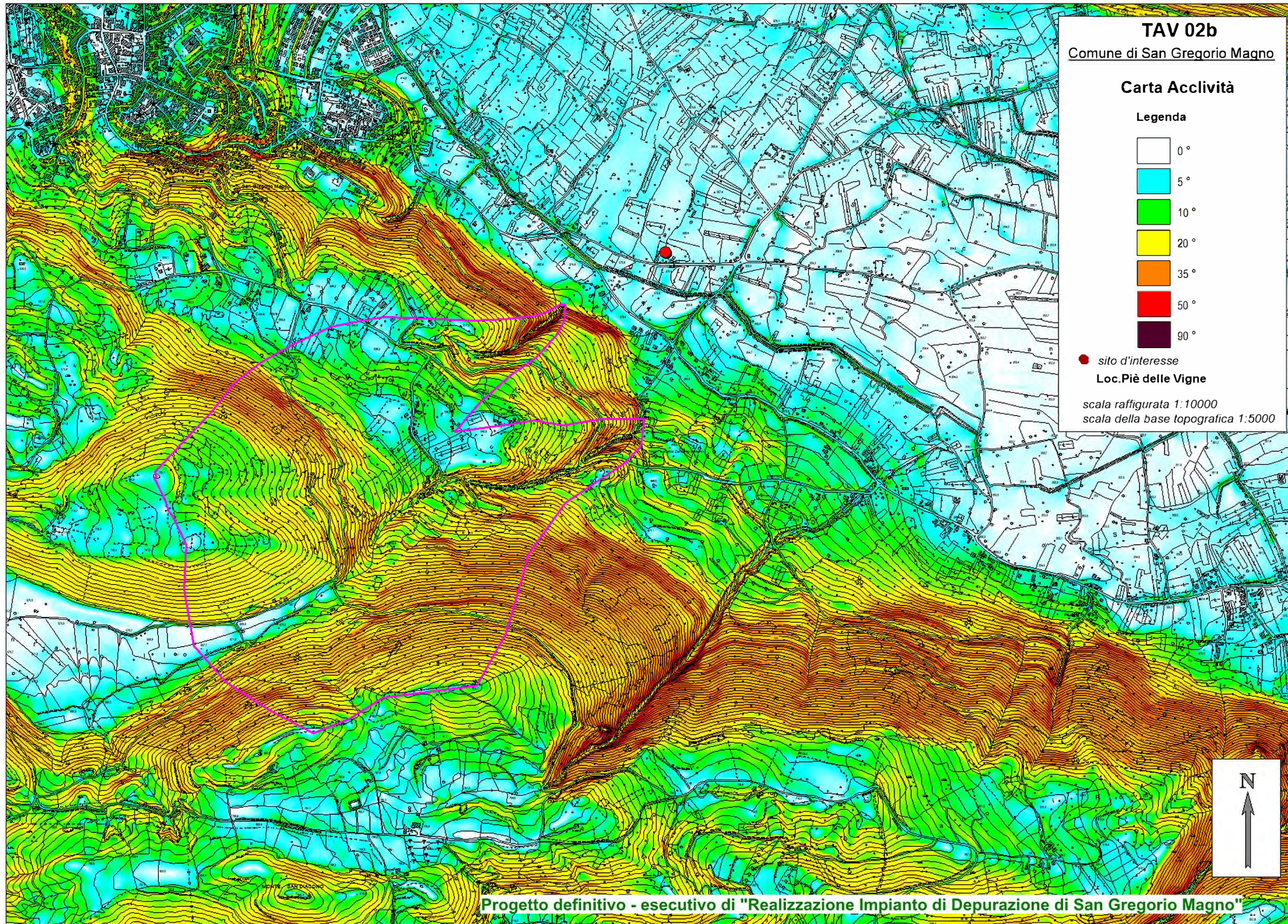
● sito d'interesse
Loc. Pie delle Vigne

scala raffigurata 1:10000
scala della base topografica 1:5000



Progetto definitivo - esecutivo di "Realizzazione Impianto di Depurazione di San Gregorio Magno"





TAV 03a

Comune di San Gregorio Magno

Carta Suscettibilità

Legenda

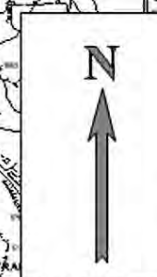
- nulla
- bassa
- media
- alta
- molto alta

● sito d'interesse

Loc. Filette

scala raffigurata 1:10000

scala della base topografica 1:5000



Progetto definitivo - esecutivo di "Realizzazione Impianto di Depurazione di San Gregorio Magno"

TAV 03a

Comune di San Gregorio Magno

Carta Suscettibilità

Legenda

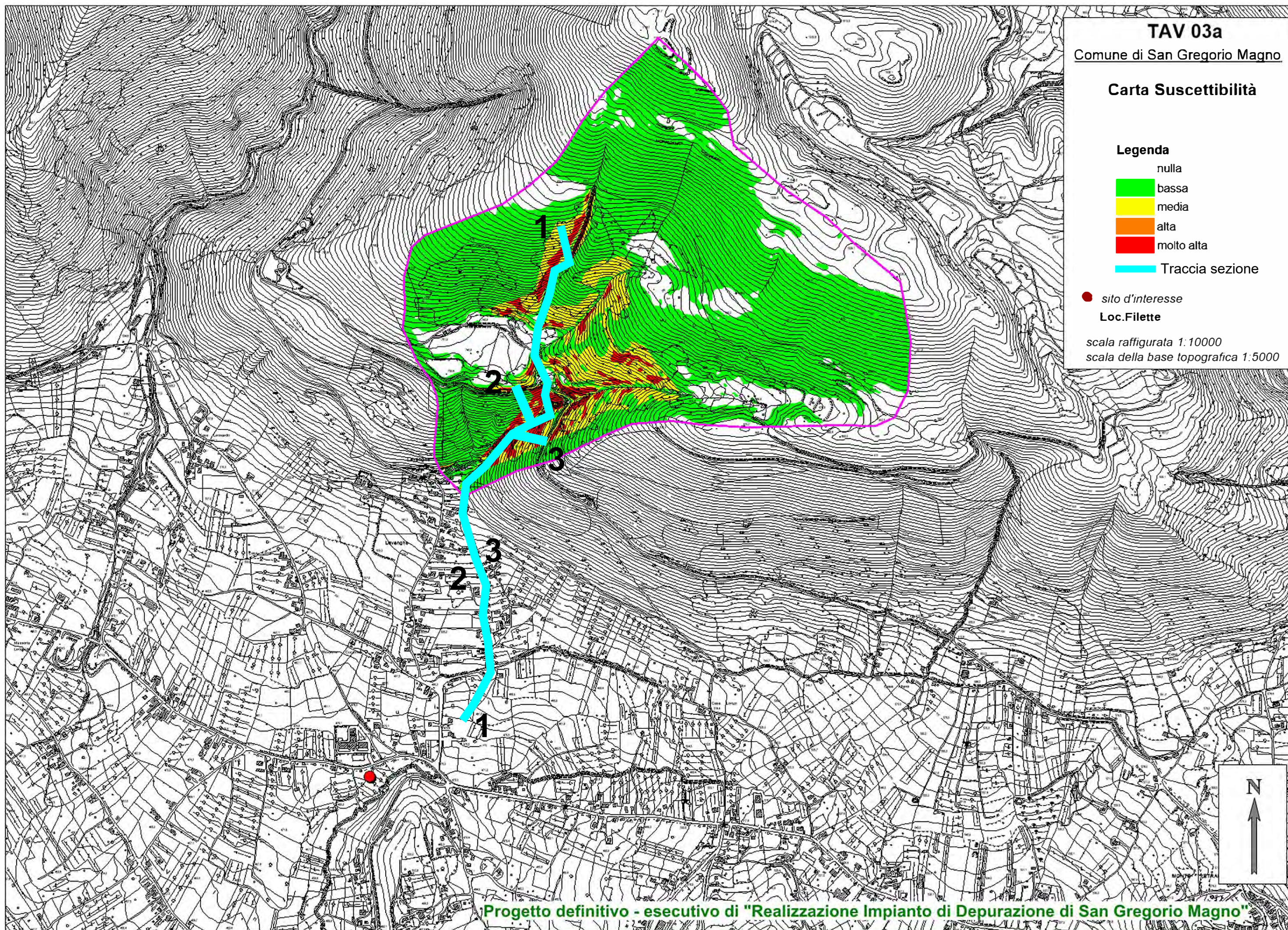
- nulla
- bassa
- media
- alta
- molto alta
- Traccia sezione

● sito d'interesse

Loc.Filette

scala raffigurata 1:10000

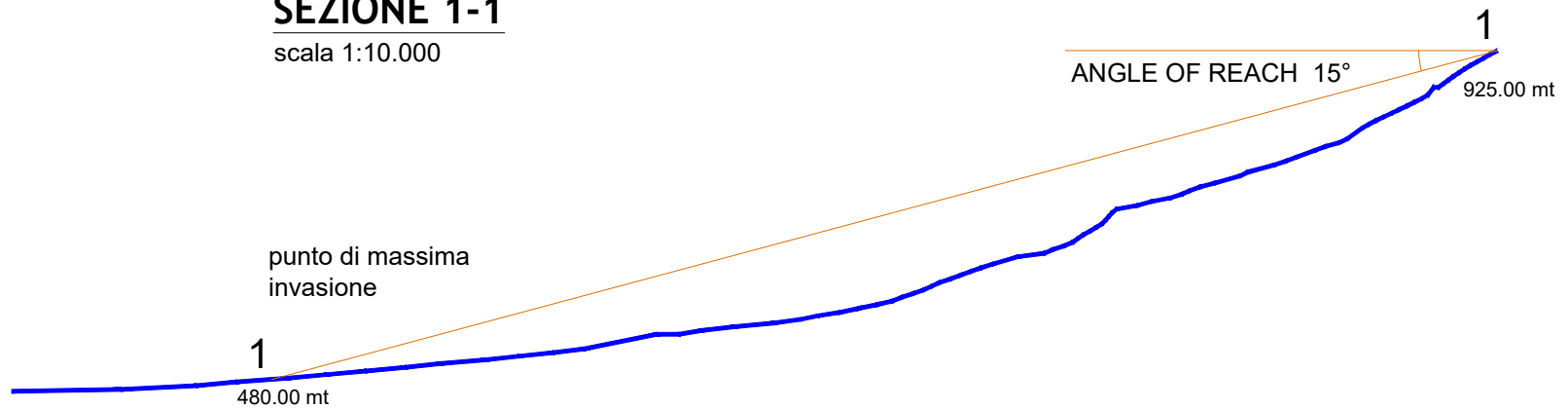
scala della base topografica 1:5000



Progetto definitivo - esecutivo di "Realizzazione Impianto di Depurazione di San Gregorio Magno"

SEZIONE 1-1

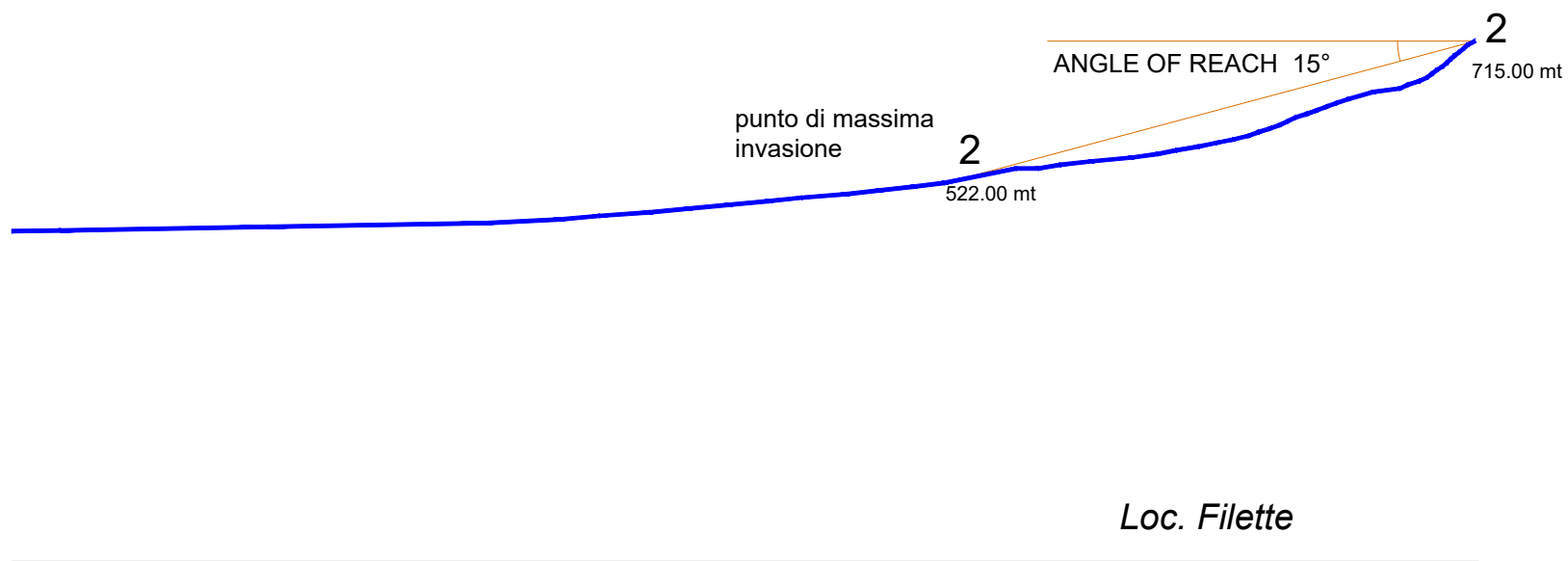
scala 1:10.000



Loc. Filette

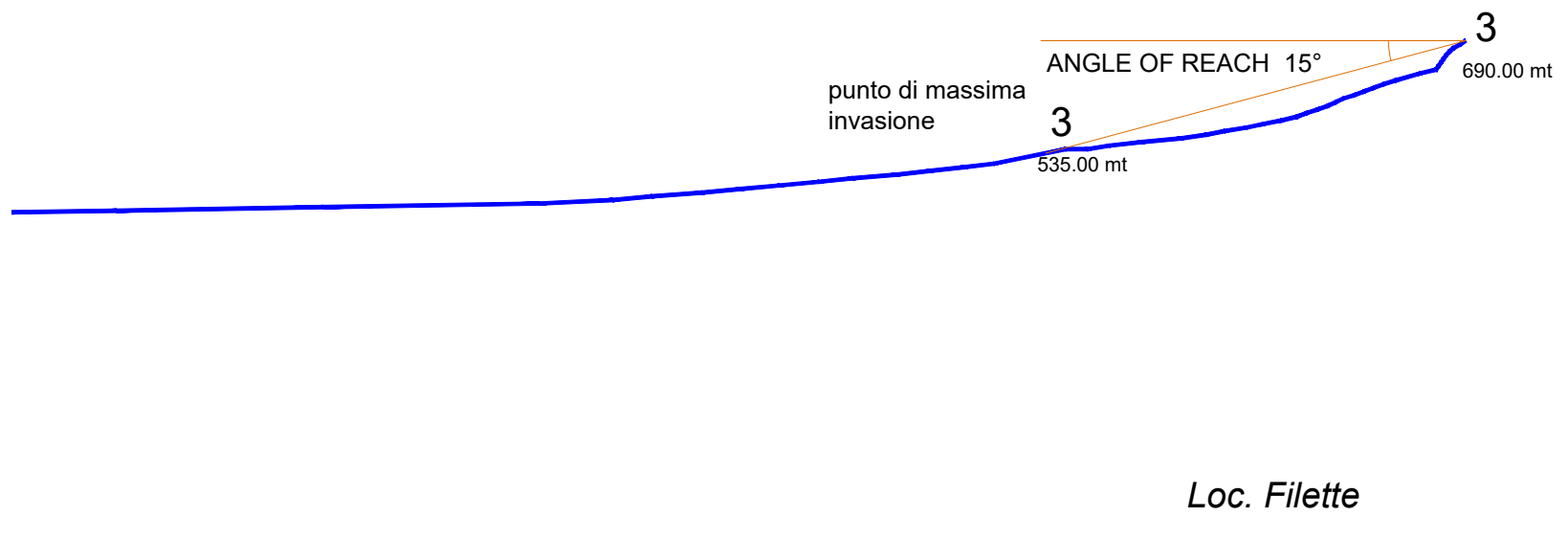
SEZIONE 2-2

scala 1:10.000



SEZIONE 3-3

scala 1:10.000



TAV 03b

Comune di San Gregorio Magno

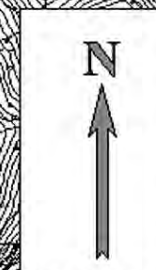
Carta Suscettibilità

Legenda

- nulla
- bassa
- media
- alta
- molto alta

● sito d'interesse
Loc. Piè delle Vigne

scala raffigurata 1:10000
scala della base topografica 1:5000



Progetto definitivo - esecutivo di "Realizzazione Impianto di Depurazione di San Gregorio Magno"

TAV 03b

Comune di San Gregorio Magno

Carta Suscettibilità

Legenda

- nulla
- bassa
- media
- alta
- molto alta

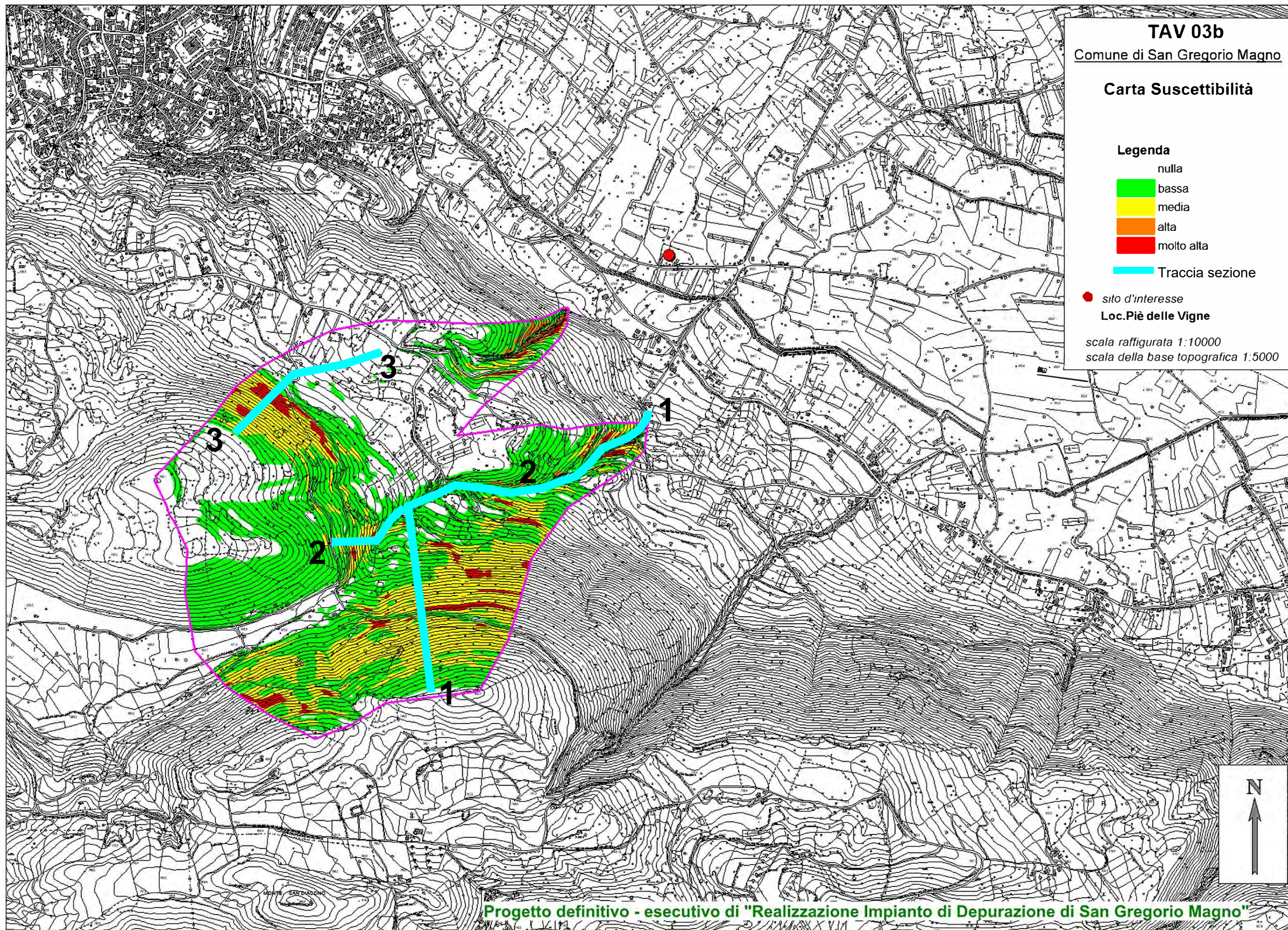
Traccia sezione

● sito d'interesse

Loc. Piè delle Vigne

scala raffigurata 1:10000

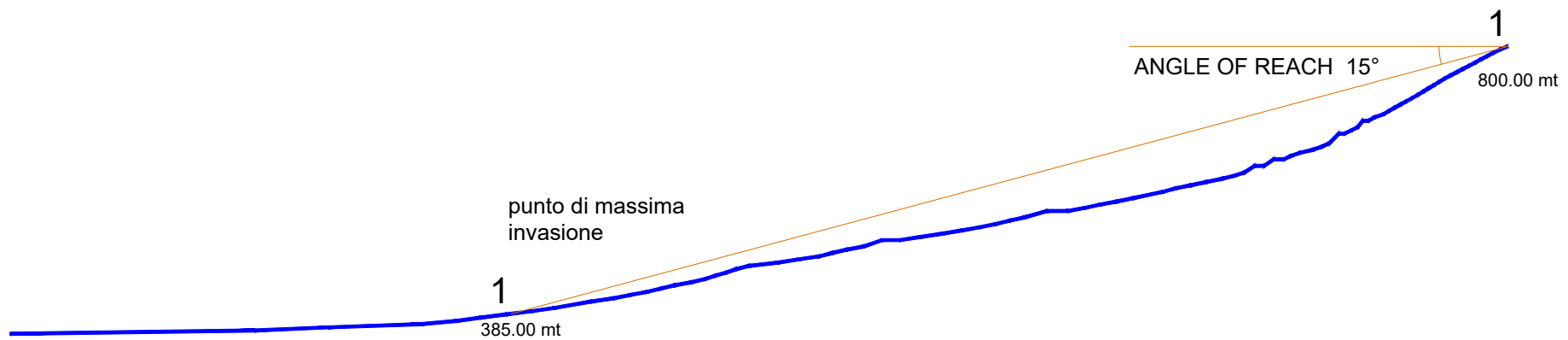
scala della base topografica 1:5000



Progetto definitivo - esecutivo di "Realizzazione Impianto di Depurazione di San Gregorio Magno"

SEZIONE 1-1

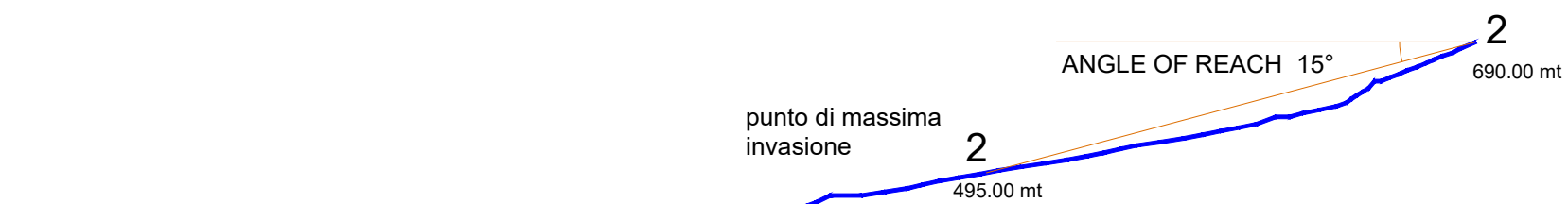
scala 1:10.000



Loc. Piè delle vigne

SEZIONE 2-2

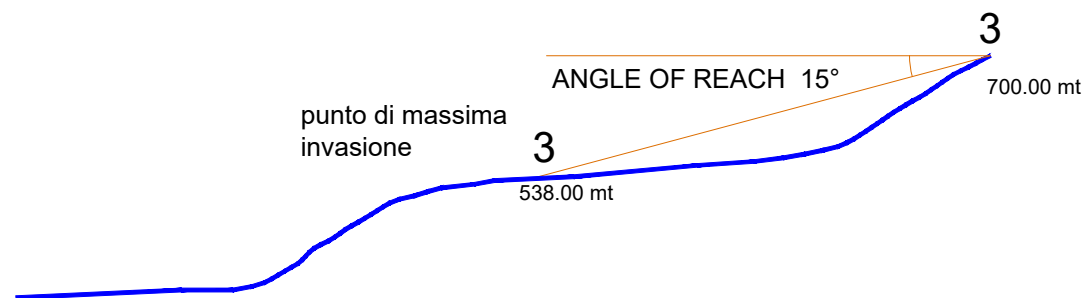
scala 1:10.000



Loc. Piè delle vigne

SEZIONE 3-3

scala 1:10.000



Loc. Piè delle vigne

TAV 04a

Comune di San Gregorio Magno

**Carta Altezze
del Flusso**

Legenda

metri

■ > 0.3

■ da 0.1 a 0.3

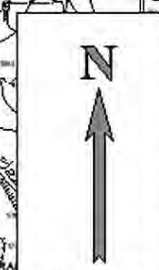
■ < 0.1

● sito d'interesse

Loc.Filette

scala raffigurata 1:10000

scala della base topografica 1:5000



Progetto definitivo - esecutivo di "Realizzazione Impianto di Depurazione di San Gregorio Magno"

TAV 04b

Comune di San Gregorio Magno

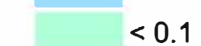
**Carta Altezze
del Flusso**


Legenda

metri

 > 0.3

 da 0.1 a 0.3

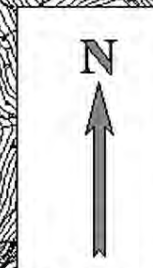
 < 0.1

 *sito d'interesse*

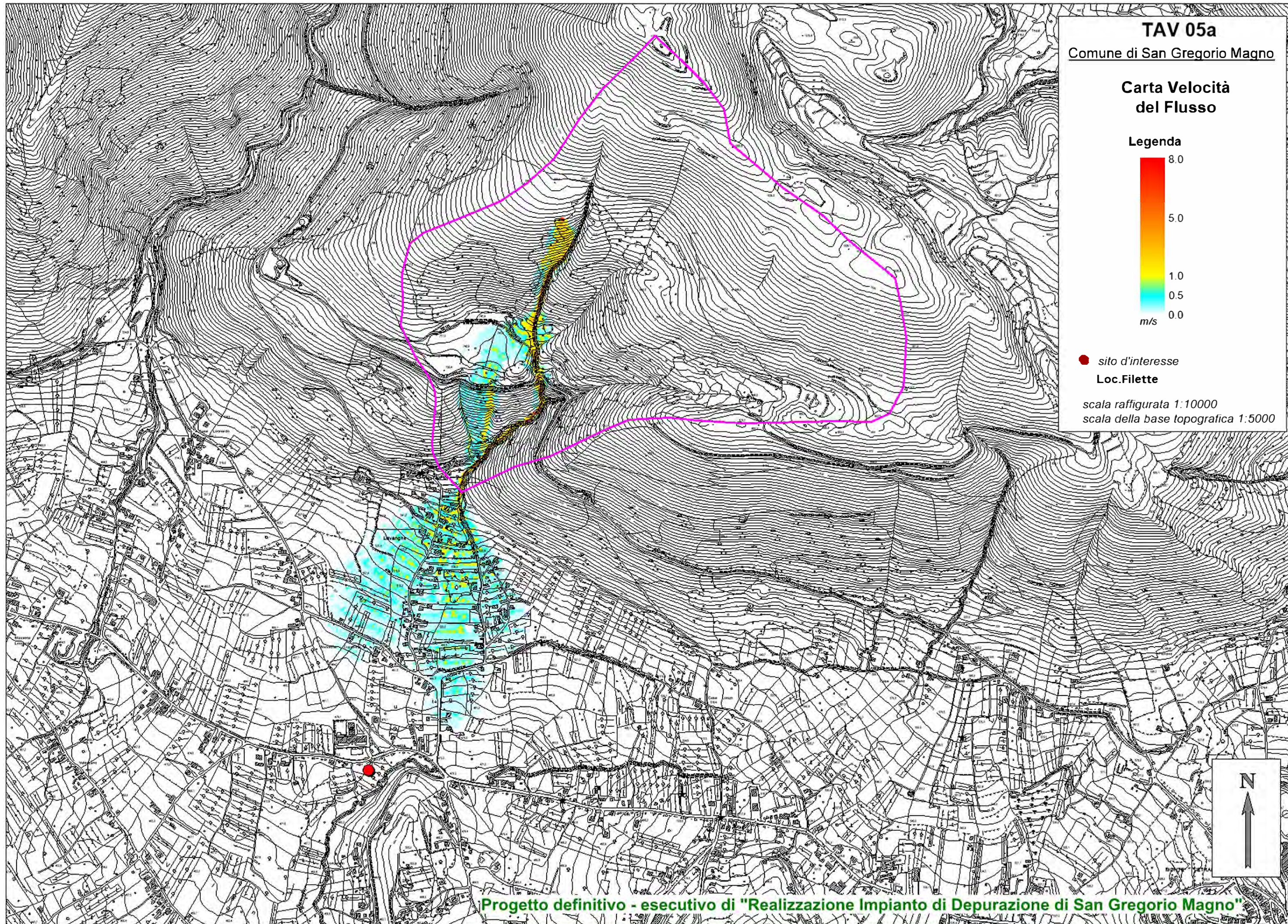
Loc. Pié delle Vigne

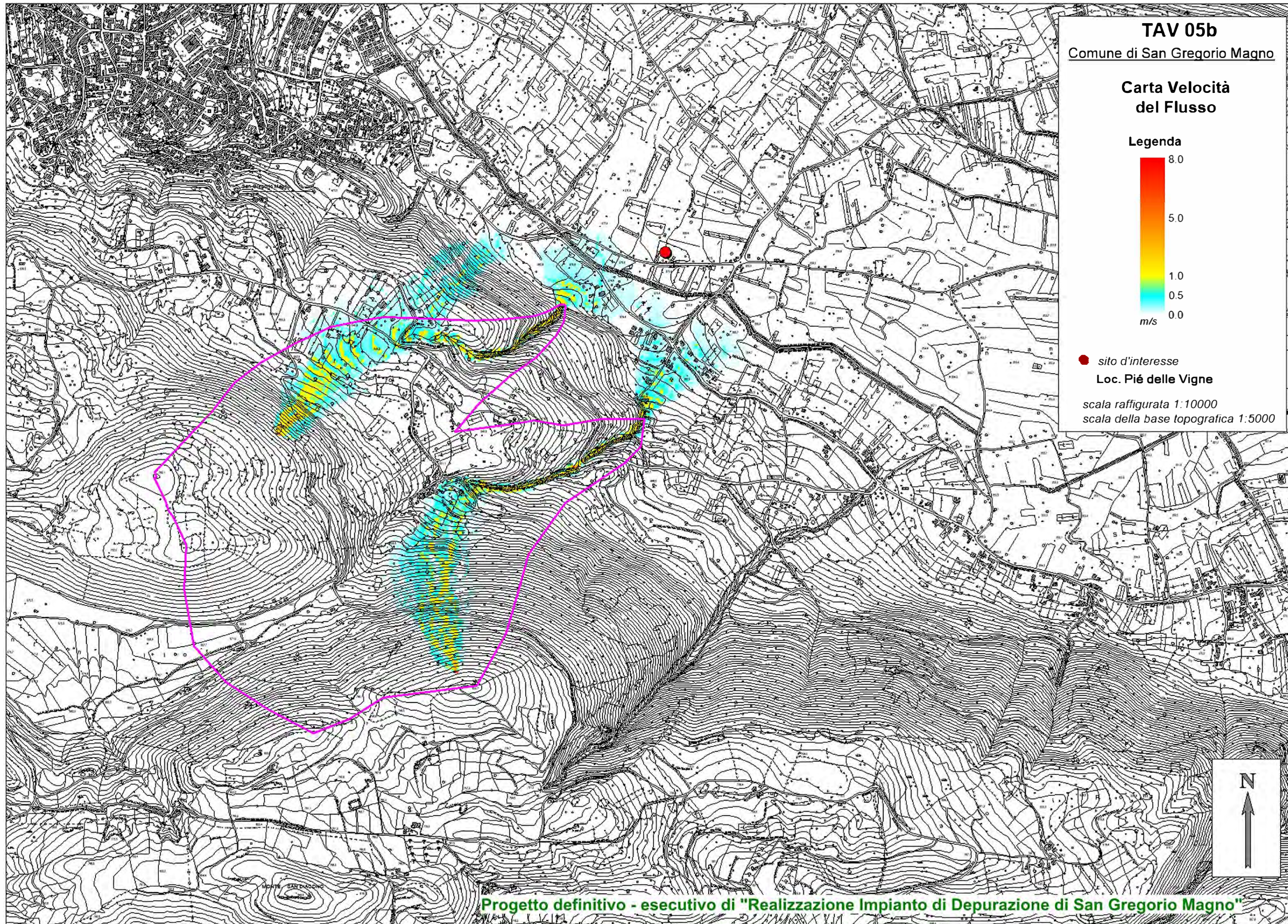
scala raffigurata 1:10000

scala della base topografica 1:5000



Progetto definitivo - esecutivo di "Realizzazione Impianto di Depurazione di San Gregorio Magno"





Oggetto: **Studio di compatibilità idraulica redatto ai sensi dell'art. 50 e dell'allegato G del testo unico coordinato delle Norme Tecniche di Attuazione del PSAI dell'AUTORITA' DI BACINO REGIONALE CAMPANIA SUD ED INTERREGIONALE PER IL BACINO IDROGRAFICO DEL FIUME SELE, finalizzato a verificare la compatibilità idraulica dell'area in studio con l'opera in progetto (PIANO OPERATIVO AMBIENTE FSC 2014/2020 - D.G.R. 443 DEL 24/09/2019 Realizzazione impianto di depurazione di San Gregorio Magno in loc. Piè delle Vigne e loc. Filette del territorio comunale di San Gregorio Magno).**

Il sottoscritto *ingegnere Gabriele Petroccelli* ha redatto uno Studio di Compatibilità Idraulica, ai sensi dell'art. 50 e dei dettami dell'allegato G della Normativa Tecnica di Attuazione della rivisitazione del PSAI del bacino idrografico del fiume Sele finalizzato all'individuazione e perimetrazione delle zone di possibile invasione/deposito (Runout) di materiale detritico alluvionale, connesso al verificarsi di potenziali fenomeni di tipo *debris-flow*.

Il sottoscritto con la presente

ASSEVERA

che l'intervento proposto, a seguito delle risultanze dello Studio di Compatibilità Idraulica, è soggetto alla seguente disciplina del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico:

ARTICOLO 31 - Le zone di attenzione idraulica

1. Nella fascia compresa nei 150 m di distanza dalle singole sponde del "Reticolo principale" e del "Reticolo interessato da elevato trasporto solido", nonché nelle restanti Zone di attenzione idraulica sono ammesse le attività previste nelle Fasce fluviali A e B1, di cui all'art. 28.
2. Ulteriori interventi sono ammessi esclusivamente qualora la loro compatibilità sia dimostrata con la redazione dallo studio di compatibilità idraulica di cui all'art. 50.
3. Nelle zone di attenzione idraulica si deve in ogni caso:
 - a. migliorare le condizioni di funzionalità idraulica e non interferire con opere di mitigazione del rischio idraulico esistenti e/o a farsi;
 - b. garantire il mantenimento e/o il recupero delle condizioni di funzionalità idraulica del reticolo fluviale, dei sistemi di corrivazione superficiale, dei canali di bonifica e degli inghiottitoio;
 - c. adottare le misure e gli accorgimenti necessari, anche in ordine ai sistemi di protezione civile, affinché si possano prevenire i danni che potrebbero essere causati dalle inondazioni e/o per la possibile mobilitazione dei depositi di conoide alluvionale;
4. Le Zone di attenzione idraulica sono considerate, in modo prioritario, nei piani di emergenza e di protezione civile.
5. Nelle Zone di attenzione idraulica, fermo restando il vincolo di inedificabilità assoluta in una fascia di 10 m, dalle singole sponde, ai sensi dell'art.93 e seguenti del DPR n.523/1908 ed il divieto di tombamento di alvei e di tratti di alveo ai sensi del Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152, è ammesso, oltre a quanto previsto nelle Fasce A e B1, qualunque intervento previsto dallo strumento urbanistico comunale o altra pianificazione sovraordinata, purché compatibile con le prescrizioni delle presenti norme.
6. Gli interventi che ricadono nelle zone di attenzione idraulica o nella fascia compresa nei 150 m di distanza dalle sponde del reticolo principale e del "reticolo interessato da elevato trasporto solido" devono essere corredati dallo studio di compatibilità idraulica di cui all'art.50 ed in conformità degli indirizzi e delle indicazioni di cui all'allegato G rispetto ai bacini idrografici di riferimento, debitamente asseverato da tecnico abilitato.

ARTICOLO 50 - Studio di compatibilità idraulica/Valutazione pericolosità-rischio residuo

1. Nei casi espressamente previsti dalle presenti norme, i progetti relativi ad interventi (opere, manufatti, infrastrutture ecc.) ricadenti in aree a pericolosità/rischio idraulico e/o da colata sono corredati da uno studio di compatibilità idraulica, contenente valutazioni e verifiche sull'ammissibilità, la natura e

l'importanza qualitativa e quantitativa degli effetti di ciascun progetto sullo scenario idraulico definito negli elaborati costituenti il PSAI. Le Amministrazioni preposte all'approvazione dei progetti, prima del rilascio del titolo abilitante alla esecuzione degli interventi, verificano, che i progetti siano corredati, ove richiesto, dal predetto studio di compatibilità debitamente asseverato, da tecnico abilitato, o che sugli stessi sia stato **acquisito il preventivo parere dell'Autorità se espressamente** previsto dalle presenti norme. Gli studi di compatibilità idraulica sono predisposti secondo le indicazioni dell'allegato G alle presenti norme.

2. Nei casi espressamente previsti dalle presenti norme, i progetti relativi ad interventi di mitigazione che comportano significative variazioni dei livelli di pericolosità/rischio idraulico sono corredati da uno studio idraulico e da una valutazione della pericolosità/rischio residuo secondo le indicazioni di cui all'allegato g alle presenti norme.

Allegato g - INDIRIZZI TECNICI PER LA REDAZIONE DEGLI STUDI DI COMPATIBILITA' IDRAULICA per il bacino idrografico interregionale Sele-

Per quanto sopra illustrato, il sottoscritto ASSEVERA che:

- è stato allegato lo Studio di Compatibilità Idraulica secondo l'art. 31 e l'art.50 della rivisitazione PSAI, nel quale si assevera la compatibilità dell'intervento in progetto;
- l'intervento non ricade in aree perimetrate come aree a Rischio Idraulico ne in nessuna fascia idraulica;
- L'individuazione delle aree in dissesto non è definitiva, ma potrà essere modificata, in seguito ad eventuali interventi di sistemazione o di difesa del suolo o al verificarsi di nuovi fenomeni di dissesto che comportino una variazione delle condizioni di pericolosità e rischio reale;
- le valutazioni espresse sono condizionate da quanto rilevato in situ ad oggi, per cui al fine di confermarle va verificata la permanenza di tali condizioni. In particolare si fa riferimento ad eventi che possano modificare i volumi continui mobili **tabili nell'impluvio** quali crolli e/o interventi antropici.

Oltre a ciò, per quanto riguarda l'intervento previsto dai lavori in esame, che ricadono nell'area oggetto di studio di compatibilità idraulica, vengono comunque soddisfatte le condizioni per cui il progetto non comporta un aumento di pericolosità e rischio, inteso quale incremento di uno o più fattori che concorrono a determinarlo.

Sala Consilina (SA) lì, Luglio 2021

Con Osservanza:

dott. ing. Gabriele Petrocelli



Si allega documento di identità in corso di validità come da art. 38 DPR 445/2000

Asseverazione dott. ing. Gabriele Petrocelli

