



REGIONE BASILICATA
PROVINCIA DI POTENZA
COMUNE DI VIGGIANO



PIANO DI LOTTIZZAZIONE DI INIZIATIVA PRIVATA
ZONA PRODUTTIVA ARTIGIANALE D2 LOCALITA' CEMBRINA

STUDIO GEOLOGICO

G - Relazione Geologica

Elaborato



ROVI s.r.l.

Proponente

Scala

Data

settembre 2013

Geol. Domenico LAVIOLA



Il Geologo

Aggiornamenti

Settembre 2021

Rev.

Data

Rev.

Data

Rev.

Data

Rev.

Data

INDICE

PREMESSA	PAG.	3
1 ELEMENTI GENERALI SULLE INDAGINI	PAG.	5
2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO	PAG.	6
2.1-STRATIGRAFIA	PAG.	7
3 CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE E GEOMORFOLOGICHE	PAG.	8
4 CARATTERISTICHE IDROLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	PAG.	9
5 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI	PAG.	10
5.1-STRATIGRAFIA DEI SONDAGGI	PAG.	10
5.2-ANALISI DI LABORATORIO	PAG.	11
5.3-PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE <i>STANDARD PENETRATION TEST</i> (SPT)	PAG.	12
6 LIQUEFAZIONE DEI TERRENI IN CONDIZIONI SISMICHE	PAG.	13
6.1 Analisi del rischio di liquefazione dei terreni di sedime in condizioni sismiche	PAG.	14
7 MICROZONAZIONE SISMICA	PAG.	19
7.1 - <i>Microzonazione sismica di terzo livello: risposta sismica locale</i>	PAG.	20
8 STRUTTURE DI FONDAZIONE E CAPACITA' PORTANTE	PAG.	30
9 CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITÀ E CRITICITÀ GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA	PAG.	31

ALLEGATI:

G1	STRATIGRAFIA E FOTO DEI SONDAGGI
G2	ANALISI DI LABORATORIO
G3	INDAGINI SISMICHE TIPO "MASW"

TAVOLE:

G01	CARTA DEI PUNTI D'INDAGINE
G02	CARTA GEO-LITOLOGICA
G03	SEZIONE GEOLOGICA
G04	PIANO STRALCIO PER LA DIFESA DAL RISCHIO IDROGEOLOGICO (ADB)
G04A	CARTA GEOMORFOLOGICA
G05	CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA
G06	SEZIONI LITOSTRATIGRAFICHE
G07	CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITÀ E CRITICITÀ GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA

PREMESSA

La Legge Regionale 6 agosto 1997, n° 38 e Legge Regionale 7 agosto 1996, n° 37 prescrive che, nella documentazione per il rilascio di pareri sui Regolamenti Urbanistici, Piani Attuativi e loro Varianti, debba essere prodotta una cartografia geologico-tecnica in scala non inferiore a 1:2.000 che rilevi le attitudini delle singole unità del terreno, con particolare riferimento al loro assetto geologico e morfologico e ai processi geodinamici in atto, e contenga una classificazione dei terreni ai fini della loro utilizzazione.

La normativa, per gli aspetti geologici, prevede la stesura delle seguenti tavole:

- carta geo-litologica e sezioni geologiche;
- carta geomorfologica;
- carta di stabilità dei pendii;
- carta di microzonazione sismica;
- carta di sintesi della pericolosità e criticità geologica e geomorfologia.

Quest'ultima esprime una sintesi geo-applicativa derivante dalle carte di analisi e individua quattro classi di attitudine geologico-tecnica:

- I) - Aree non critiche,
- II) - Aree con criticità puntuali e moderate;
- III) - Aree con criticità di livello medio e diffuso;
- IV) - Aree con criticità di livello elevato sia puntuali che diffuso.

Lo studio geologico eseguito ed è stato redatto in ottemperanza a quanto previsto dalla L.R. 38 del 06/08/1997 "Norme per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di difesa del territorio dal rischio sismico", dalla L.R. 23 del del 11/08/1999, d D.M. 17/01/18 "Aggiornamento Norme tecniche per le costruzioni", DPR 380/01 "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia", dalla L.R. 8 del 07/06/2011, nonché in accordo con quanto prescritto nel Piano Stralcio per la Difesa dal Rischio

idrogeologico redatto dall' Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale – Sede Basilicata.

Il presente documento sostituisce lo Studio Geologico redatto dallo scrivente in data febbraio 2014 e si compone dei seguenti elaborati:

- G Relazione Geologica;

Allegati

- G1 Stratigrafia e foto dei sondaggi;
- G2 Analisi di laboratorio;
- G3 Indagini sismiche tipo “masw”;

Tavole

- G01 Carta dei punti d'indagine
- G02 carta geo-litologica
- G03 Sezione geologica
- G04 Piano stralcio per la difesa dal rischio idrogeologico (ADB)
- G04A Carta Geomorfologica
- G05 Carta di microzonazione sismica;
- G06 Sezioni litostratigrafiche;
- G06 Carta di sintesi della pericolosità e criticità geologica e geomorfologica.

Per gli allegati G1, G2 e G3 si fa riferimento a quelli trasmessi in data gennaio 2012.

1 – ELEMENTI GENERALI SULLE INDAGINI

Le indagini di campagna sono state condotte nel mese di dicembre del 2011 (Tav. G01).

Per ottenere informazioni di dettaglio sulla successione litostratigrafica e sulle caratteristiche geo-meccaniche dei terreni di sedime, sono stati fatti eseguire:

- n°2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo con n° 8 prove SPT (*Standard Penetration Test*) eseguite in avanzamento nel corso dei sondaggi;
- n° 2 prove di laboratorio eseguite su campioni indisturbati.

Per la classificazione sismica del territorio per quanto contenuto nel D.M. 17/01/18 “Aggiornamento *Norme tecniche per le costruzioni*” e nella L.R. N. 9 del 7.06.2011 “Disposizioni Urgenti in Materia di Microzonazione Sismica” e s.m.i., sono state eseguite n° 2 indagini sismiche tipo “MASW”, finalizzate alla ricostruzione sismostratigrafica dei terreni investigati.

L'ubicazione delle indagini è stata condizionata dalla fitta copertura vegetazionale (bosco) che caratterizza l'area di piano.

2 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Da un punto di vista geologico generale l'area di piano ricade in una zona caratterizzata da una struttura geologica costituitasi durante le fasi orogenetiche della catena appenninica meridionale che, attraverso raccorciamenti tettonici, hanno portato alla sovrapposizione di coltri alloctone. Tali coltri, costituite da diverse unità stratigrafico-strutturali, furono messe in posto durante le fasi tettonogenetiche della catena appenninica del Miocene e Pliocene e furono coinvolte, nel Pliocene e nel Quaternario, da fasi distensive e di sollevamento della catena stessa, fasi, che in definitiva hanno determinato gli attuali ambienti fisici. Questa zona assiale della catena appenninica fu interessata da *fagliazione* di tipo trascorrente durante il Pliocene superiore-Pleistocene inferiore, seguita da tettonica distensionale dal Pleistocene medio all'attuale.

L'area di piano, più precisamente, ricade nel tratto superiore della valle incisa dal Fiume Agri.

Tale valle, in questo settore, rappresenta una depressione di origine tettonica limitata da rilievi costituiti da formazioni geologiche di natura calcarea appartenenti alle Unità di Piattaforma Carbonatica in sovrapposizione alle Unità Bacinali Lagonegresi, costituite da formazioni calcareo-silico-marnose, e dalle formazioni terrigene di natura arenaceo-conglomeratica e silico-marnosa che testimoniano lo smantellamento della catena appenninica.

La sequenza stratigrafica dell'alta Val d'Agri, caratterizzata da tassi di sedimentazione differenziabili in apporti di piana e di conoide alluvionale, ha costituito potenti successioni sedimentarie, intervallati da eventi di sollevamento e quindi di erosione nel corso del Quaternario.

2.1 - Stratigrafia

I rilievi di superficie¹ e i dati provenienti dalle indagini geognostiche hanno permesso di ricostruire la successione stratigrafica che caratterizza l'area di piano (Tav. G02 e G03):

Depositi alluvionali antichi

Affiorano lungo i pianori che fiancheggiano l'attuale alveo del Fiume Agri. Si tratta di depositi eterogenei a granulometria variabile dalle ghiaie alle argille, terrazzati in vari ordini. Lo spessore varia da pochi metri a qualche decina di metri.

La natura di tali sedimenti è legata all'apporto di materiale derivante dallo smantellamento per erosione dei rilievi montuosi, che circondano l'area alluvionale del Fiume Agri.

Ambiente continentale (Pleistocene Sup. – Olocene).

¹ Per completezza d'informazione, si rammenta che l'area di piano è totalmente coperta da una fitta vegetazione boschiva.

3 – CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE E GEOMORFOLOGICHE

Come detto in precedenza l'area di piano ricade nell'alta Val d'Agri.

In questo settore la valle si estende in direzione circa NO-SE per una lunghezza di circa 30 km ed una larghezza massima di circa 10 km; il fondovalle è esteso ed è posto ad una quota media di 600 m s.l.m.

L'alta Val d'Agri è una valle intermontana di età quaternaria a impostazione tettonica, delimitata ad ovest dai Monti della Maddalena, a sud dal Monte Sirino e dal Monte Raparo, a nord e ad est dal Monte Volturino e dal Monte di Viggiano.

Essa si presenta prevalentemente pianeggiante, la sua regolarità è interrotta da conoidi di deiezione e incisioni fluviali, a testimonianza dell'attività di sollevamento dell'area e dell'erosione dei versanti, e da colline e rilievi di modeste dimensioni prevalentemente calcarei. I conoidi alluvionali sono soprattutto riconoscibili alla base dei versanti meridionali del gruppo montuoso del Volturino-Monte di Viggiano e testimoniano le fasi di maggiore erosione degli stessi da parte degli agenti atmosferici e di ben precisi andamenti climatici.

L'area di piano, in sinistra idrografica del fiume Agri, occupa una porzione pianeggiante della piana alluvionale a una quota di circa 600 metri s.l.m. Localmente la pendenza presenta valori medi del 2%.

I rilievi di superficie non hanno evidenziato movimenti franosi in atto o fenomeni particolari di erosione areale e/o lineare.

4 – CARATTERISTICHE IDROLOGICHE E IDROGEOLOGICHE

Il territorio in esame è caratterizzato da un regime pluviometrico di tipo appenninico con circa 800-900 mm di precipitazioni medie annue concentrate prevalentemente fra ottobre e marzo, per cui i corsi d'acqua hanno carattere torrentizio con portate molto variabili nel corso dell'anno.

Il reticolo idrografico appare condizionato dalla presenza dei monti a nord dell'area di piano, dai quali dipartono i corsi d'acqua e solcano la pianura alluvionale secondo percorsi sub-rettilinei. Gli affluenti principali e secondari sono in genere poco ramificati. Gli angoli delle confluenze sono molto vicini a 45°.

L'area in esame appartiene al bacino idrografico del fiume Agri ed è drenata da piccoli impluvi che convogliano le acque nel Fosso della Parete a ovest e nella Fossa della Lupo a est e che a loro volta convogliano le acque direttamente nel Fiume Agri.

Per quanto riguarda i caratteri idrogeologici, i terreni affioranti nell'area di piano presentano una permeabilità legata alla sola porosità con valori medi della permeabilità.

Dalle misure eseguite con freaticometro nel piezometro realizzato nel foro del sondaggio S3, è stata rilevata la presenza di una falda acquifera il cui livello piezometrico è posto a 13.80 m dal p.c..

5 – CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL TERRENO

5.1 – Stratigrafia dei sondaggi (Allegato G7)

Nel mese di dicembre 2011 sono stati effettuati due sondaggi a carotaggio continuo eseguiti dalla ditta *Fiumano Toma Trivellazioni s.r.l.* di Matera, la cui ubicazione è riportata nella Tav. G01; entrambi i sondaggi sono stati spinti fino ad una profondità di 20 m dal p.c.

Sondaggio S3

0 – 0,6 m	Terreno agrario;
0,6 – 2,10 m	Sabbia a granulometria medio-grossa con rari ciottoli;
2,10 – 4,20 m	Sabbia con limo;
4,20 – 15,80 m	Limo con argilla di colore beige;
15,80 – 17,00 m	Sabbia e ciottoli di diametro inferiore a 5 cm;
17,00 – 20,00 m	Limo sabbioso di colore beige.

Sondaggio S4

0 – 0,70 m	Terreno agrario;
0,70 – 6,10	Limo sabbioso di colore beige;
6,10 – 10,60 m	Alternanza di limo sabbioso e sabbia limosa;
10,60 – 15,80 m	Limo argilloso di colore beige;
15,80 – 20,00 m	Limo argilloso-sabbioso.

5.2 – *Analisi di laboratorio*

La caratterizzazione geotecnica dei terreni è stata ottenuta attraverso due prove di laboratorio che sono state rivolte alla determinazione delle proprietà indici e meccaniche mediante prova di taglio diretto (All. G2).

Dalle prove di laboratorio eseguite sul campione C1S3, prelevato ad una profondità di 8,00 m dal p.c., risulta una percentuale di limo del 44.49%, di argilla del 36.92% e della sabbia del 18.55%. Il contenuto d'acqua è del 15.59%, il peso di volume naturale presenta un valore di 20.62 KN/m³, l'indice dei vuoti è di 0.530 e il grado di saturazione è pari al 80.30 %.

Nel sistema di classificazione unificato il campione rientra nel sottogruppo A-6ML. Nel diagramma di plasticità i punti rappresentativi dei terreni in questione, si situano nella zona dei *Limi inorganici di media compressibilità e limi organici*; con limite liquido (LL) del 37% e l'indice di plasticità del 11%.

Dalla prova di taglio diretto si ottengono valori di resistenza pari a 32.32 Kpa per la coesione (C) e 23.2° per l'angolo di attrito interno (ϕ).

Le analisi eseguite sul campione C1S4, prelevato ad una profondità di 17.50 m, hanno fornito un contenuto di limo pari al 46.54 %, di argilla al 25.56% e di sabbia al 27.50%.

Il contenuto d'acqua è del 16.64 %, il peso di volume naturale presenta un valore di 20.70 KN/m³; l'indice dei vuoti è di 0.527 e il grado di saturazione è del 85.57.

Nel sistema di classificazione unificato il campione rientra nel sottogruppo A-4ML. Nel diagramma di plasticità i punti rappresentativi dei terreni in questione, si situano nella zona delle *Argille inorganiche di media plasticità*; con limite liquido (LL) del 33% e indice di plasticità del 9 %.

Dalla prova di taglio diretto si ottengono valori di resistenza pari a 11.39 Kpa per C e 26° per ϕ .

Per tutto quanto in dettaglio si rimanda all'allegato G2 - Analisi di laboratorio.

5.3 – Prove penetrometriche dinamiche Standard Penetration Test (SPT)

La prova SPT consiste nell'infissione dinamica di una punta nel terreno, nel corso della quale si misura il numero di colpi necessario per l'avanzamento su tre tratti di 15 cm ciascuno; il valore N_{SPT} , correlabile a vari parametri geotecnici mediante formule e tabelle empiriche, corrisponde alla somma alla somma del numero di colpi necessario per gli ultimi due tratti.

Tale prova penetrometrica ha permesso di calcolare l'angolo di attrito interno. La formula empirica comunemente usata per tale calcolo è la seguente:

$$\phi = \sqrt{(15 * N_{SPT}) + 15} \quad (\text{Road Bridge Specification})$$

dove N_{SPT} è la somma del n° dei colpi impiegati per avanzare nei 30 cm successivi di ogni singola prova.

Le prove effettuate nel corso dei sondaggi hanno fornito i seguenti valori:

Sondaggio	N° S.P.T.	Profondità dal p.c.	N° di colpi registrato	NSPT	Angolo di attrito interno (ϕ)
S3	1	4.00 – 4.45	13-15-19	34	37.60°
S3	2	8.50-8.95	15-19-23	42	40 °
S3	3	11.60-12.05	16-18-28	46	41.26°
S3	4	15.00-15.45	15-21-24	45	41°
S4	1	3.00 – 3.45	8-8-14	22	33.16°
S4	2	5.45 – 5.90	11-14-26	40	36.50°
S4	3	8.00 – 8.45	16-19-28	47	41.55°
S4	4	12,00 – 12.45	19-24-31	55	43.70°

6 - LIQUEFAZIONE DEI TERRENI IN CONDIZIONI SISMICHE

Il termine liquefazione indica tutti i fenomeni che danno luogo alla perdita di resistenza a taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni incoerenti e saturi, sollecitati da azioni transitorie e ripetute che agiscono in condizioni non drenate (*Kramer, 1996*).

Tali fenomeni sono legati allo sviluppo di sovrappressioni neutre che, se positive, causano una riduzione dello stato di confinamento efficace a cui il terreno è sottoposto.

La liquefazione si sviluppa con due meccanismi diversi. Il primo è definito "*flow liquefaction*" o fluidificazione, e avviene quando le tensioni richieste per assicurare le condizioni di equilibrio statico sono maggiori della resistenza a taglio del terreno. Ne consegue che una volta avviate, le deformazioni prodotte dalla *flow liquefaction* possono essere causate da tensioni applicate staticamente.

Il secondo è quello della "mobilità ciclica" che si verifica quando le tensioni di taglio necessarie all'equilibrio statico sono minori della resistenza del terreno. Di conseguenza, le deformazioni si sviluppano in maniera incrementale durante un terremoto, perché causate da tensioni di taglio applicate in maniera statica e ciclica.

I fattori principali che predispongono un terreno alla liquefazione sono:

- *fattori geologici-geotecnici;*
- *fattori legati all'evento sismico.*

Fattori geologici-geotecnici

Il verificarsi della liquefazione in determinato suolo dipende da numerosi fattori: granulometria, densità relativa, pressione interstiziale iniziale, condizioni di drenaggio e tensioni geostatiche di confinamento.

Fattori legati all'evento sismico

Durante un terremoto, il terreno può essere visto come un corpo sottoposto ad una serie di cicli di carico variabili in intensità e numero, in funzione della magnitudo del evento sismico manifestatosi.

In terremoti di elevata magnitudo, è sufficiente un numero ridotto di cicli di carico per produrre la liquefazione del deposito, poiché ad ogni ciclo è associata una sollecitazione dinamica di maggiore intensità. In terremoti di minore magnitudo lo stesso effetto lo si ottiene con un numero superiore di cicli di carico.

In definitiva quindi un'elevata magnitudo del sisma (maggiore intensità degli sforzi di taglio applicati al terreno) e una lunga durata dello stesso (maggior numero di cicli di carico), rendono più probabile l'iniziarsi della liquefazione in un deposito sabbioso saturo ².

6.1 – Analisi del rischio di liquefazione dei terreni di sedime in condizioni sismiche

Il Decreto Ministeriale Infrastrutture del 17 gennaio 2018 “*Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni*”, stabilisce che la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc1N > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (*Standard Penetration Test*) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e $qc1N$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (*Cone Penetration Test*) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;

² www.programgeo.it

4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 9 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

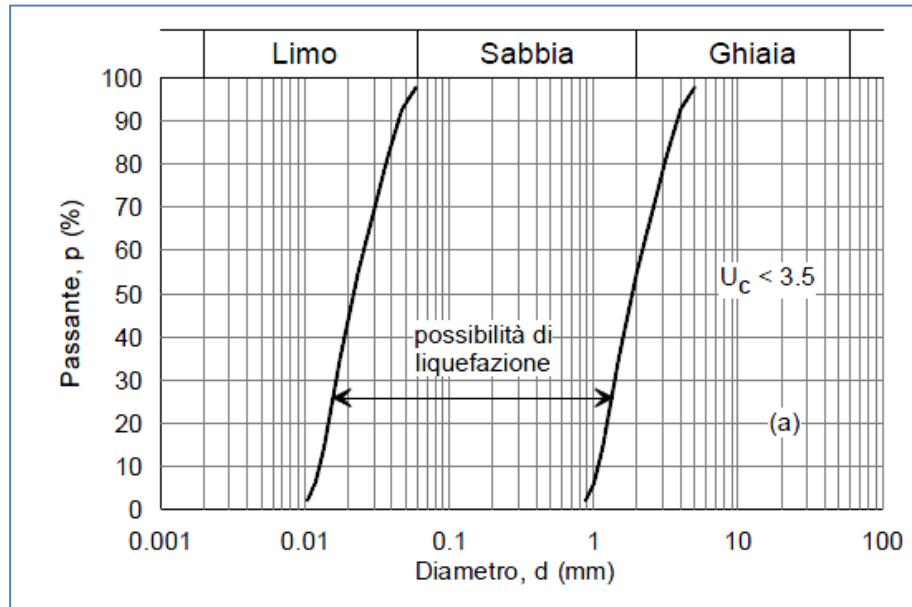


Fig. A (da NTC 18)

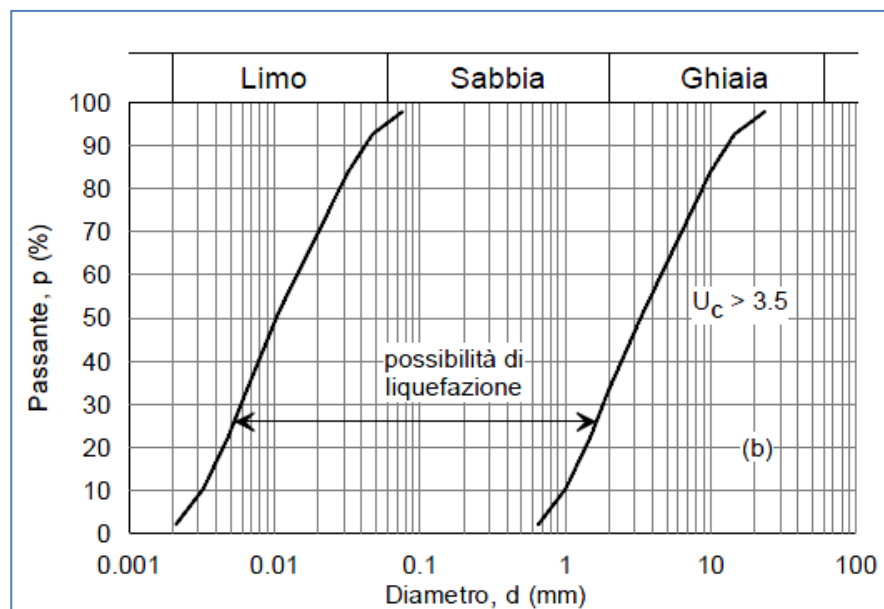


Fig. B (da NTC 18)

Gli “*Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica (MS)*” indicano che la probabilità che nei terreni sabbiosi saturi si verificano fenomeni di liquefazione è bassa o nulla se si verifica almeno una delle seguenti condizioni:

- a. eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;
- b. accelerazione massima attesa in superficie in condizioni free-field minore di 0.1g;
- c. accelerazione massima attesa in superficie in condizioni free-field minore di 0.15g e terreni con caratteristiche ricadenti in una delle tre seguenti categorie:
 - frazione di fine, FC , superiore al 20%, con indice di plasticità $PI > 10$;
 - $FC \geq 35\%$ e resistenza $(N1)_{60} > 20$;
 - $FC \leq 5\%$ e resistenza $(N1)_{60} > 25$
- d. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura C nel caso di materiale con coefficiente di uniformità $U_c < 3.5$ ed in Figura C per coefficienti di uniformità $U_c > 3.5$.
- e. profondità media stagionale della falda superiore ai 15 m dal piano campagna.

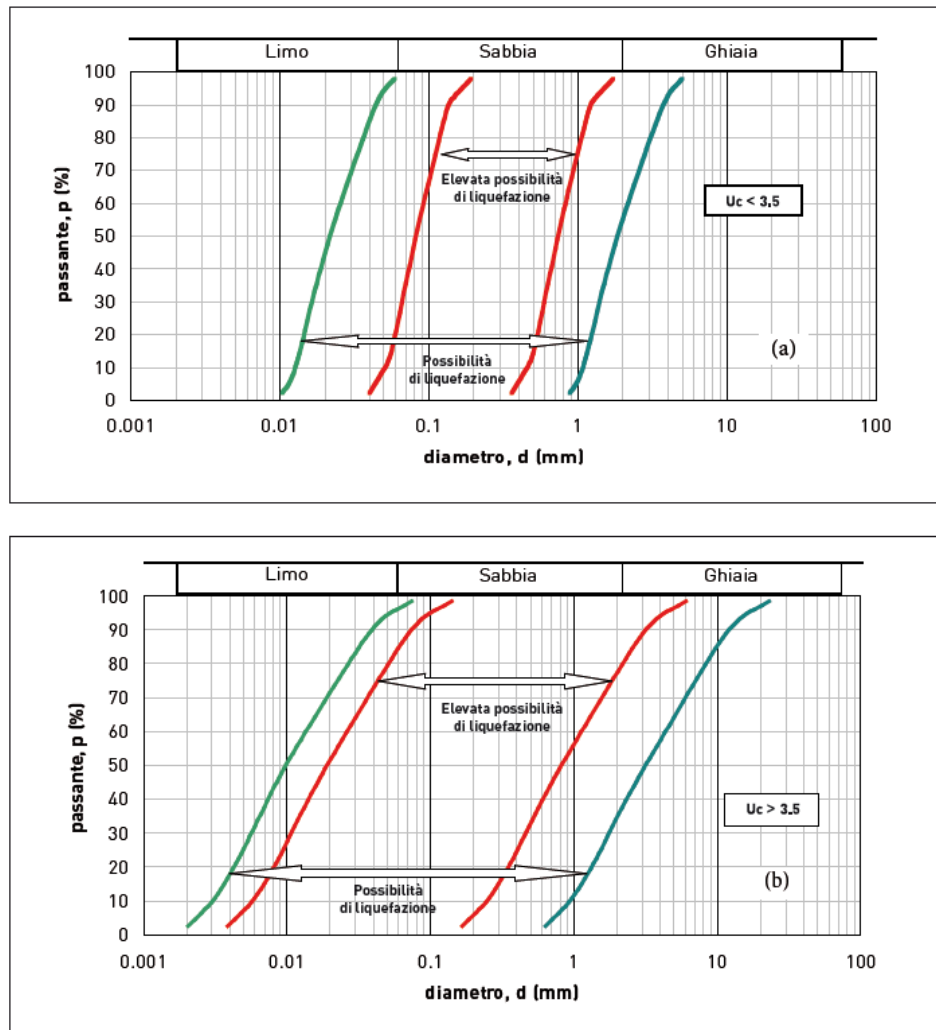


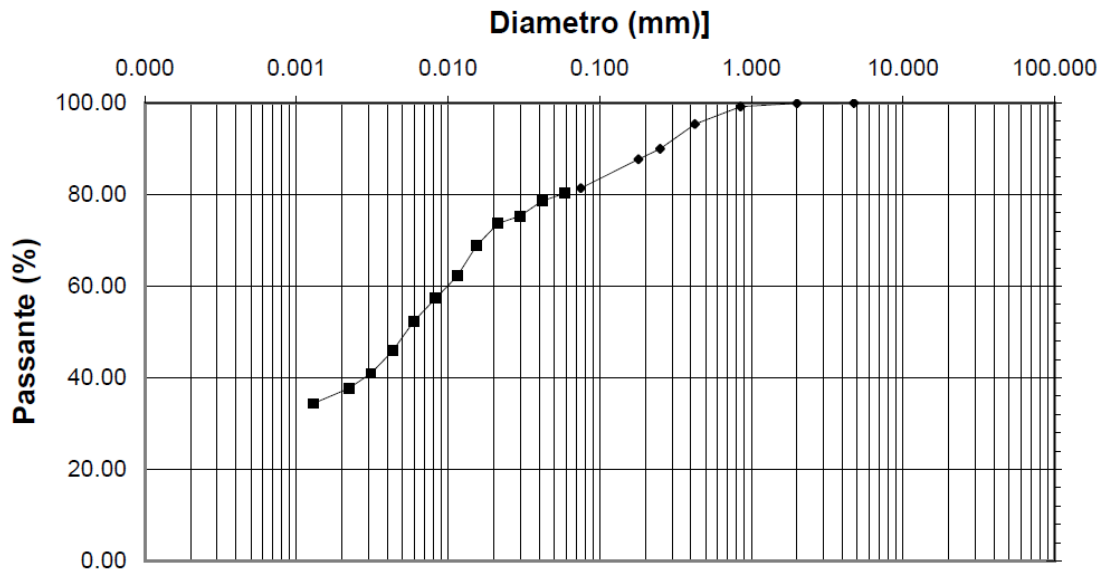
Fig. C (da Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica (MS))

Venendo al caso in specie, essendo soddisfatte le condizioni riportate nei punti 1, 2 e 3 delle NTC18 e nei punti *a*, *b*, e *c* degli *Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica*, sono state verificate le condizioni riportate nel punto 5 e *d*. In particolare sono state confrontate le curve granulometriche ottenute dalle analisi di laboratorio con le figure A, B e C.

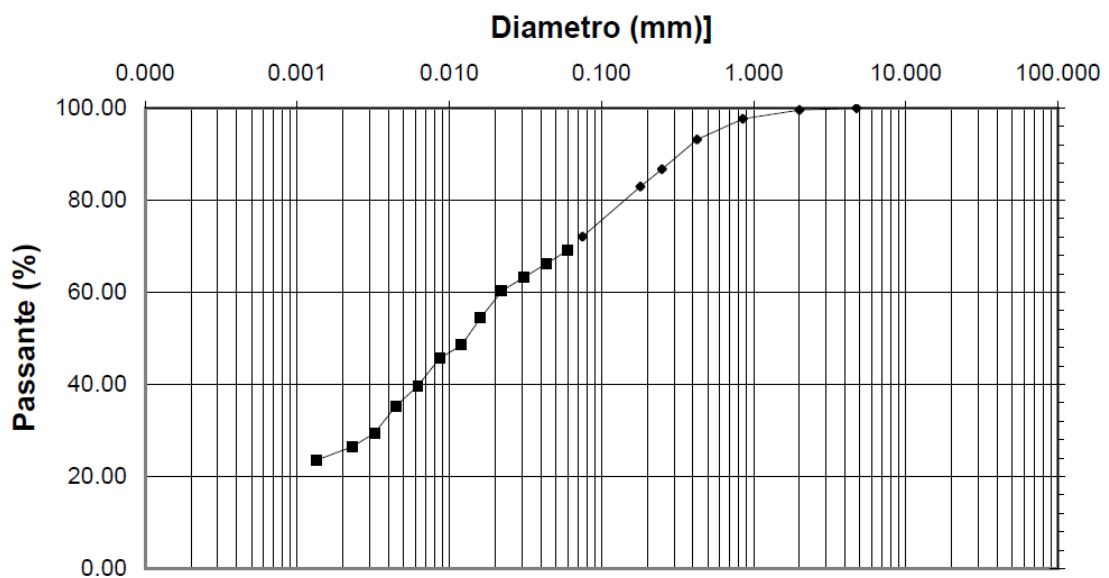
Nell'area di piano è presente fino alla profondità investigata un deposito costituito da limo con argilla e sabbia con *Coefficiente di Uniformità (CU)* di 100.30 misurato nel campione S3C1 e di 109.15 nel campione S4C2.

Il confronto delle curve granulometriche dei campioni S1C1 e S2C1 con le figure B e C ha evidenziato che parte della relativa curva granulometrica è esterna alle curve delle figure B e C.

Quindi per quanto sin qui espresso, si omette la verifica alla liquefazione dei terreni considerati.



Analisi granulometrica S3C1



Analisi granulometrica S4C1

6 - MICROZONAZIONE SISMICA

La microzonazione sismica è volta a individuare gli strumenti necessari a prevedere e a mitigare (attraverso idonei criteri d'uso del territorio) gli effetti sismici in una zona di dimensioni urbane.

Fattori geomorfologici e stratigrafici locali possono modificare le caratteristiche del moto sismico, filtrando le onde nel passaggio dal bedrock alla superficie. L'effetto di filtraggio conduce ad una redistribuzione dell'energia con l'amplificazione del moto vibratorio associato ad alcune frequenze.

Esistono diverse metodologie per la stima dell'amplificazione sismica in superficie. Sono note in letteratura metodologie più speditive, basate sulle caratteristiche lito-stratigrafiche del sito e sulla stima della velocità delle onde S nei livelli di copertura.

La metodologia cui si fa riferimento in questo studio è quella prescritta nella L.R. n. 9 del 07/06/2011 e riportata nel documento "*Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica (MS)*" approvato dal Dipartimento della Protezione Civile e dalla Conferenza delle Regioni e delle Province autonome (Gruppo di lavoro MS, 2008).

Tale metodologia permette di individuare e delimitare delle zone omogenee, alle quali sono attribuiti parametri e prescrizioni finalizzati alla riduzione del rischio sismico, da utilizzare nella pianificazione urbanistica.

Gli studi di MS sono condotti secondo tre livelli di approfondimento.

Il **livello 1** ha per obiettivo l'individuazione delle microzone a comportamento sismico omogeneo e costituisce uno studio propedeutico per i successivi livelli 2 e 3. Esso prevede, oltre al quadro conoscitivo generale, la Carte delle indagini e la *Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica*.

Il **livello 2** fornisce quantificazioni numeriche, con metodi semplificati (abachi e leggi empiriche), della modificazione locale del moto sismico in superficie e dei fenomeni di deformazione permanente.

Il risultato di questo livello è la *Carta di microzonazione sismica*, ottenuta associando una quantificazione numerica degli effetti, con metodi semplificati, alle zone, o a parti di esse, della *Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica*.

Infine il **livello 3** si applica nelle zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, nei casi di situazioni geologiche e geotecniche complesse e nelle zone suscettibili di instabilità particolarmente gravose per complessità del fenomeno e/o diffusione areale, non risolvibili con l'uso di metodologie speditive.

6.1. Microzonazione sismica di terzo livello: risposta sismica locale

L'operazione propedeutica per la redazione della carta di terzo livello è quella di definire la carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica.

Le indagini eseguite (MASW01 e MASW03), integrate da dati geologici, geomorfologici, litostratigrafici e geologico - tecnici, hanno permesso di individuare un'unica microzona (*Microzona 1*) a comportamento sismico omogeneo appartenente alla categoria "*Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali*" (Tav. G05).

La definizione dell'input sismico è stato innanzitutto definito dalla localizzazione spaziale e da alcune informazioni riguardanti le caratteristiche dell'opera in progetto, di seguito riportate:

COORDINATE DEL SITO (ED50) : LAT. 40.191; LONG. 15.533

CLASSE D'USO: II

COEFFICIENTE D'USO: 1,0

VITA NOMINALE: 50 ANNI

PERIODO DI RIFERIMENTO: 50 ANNI

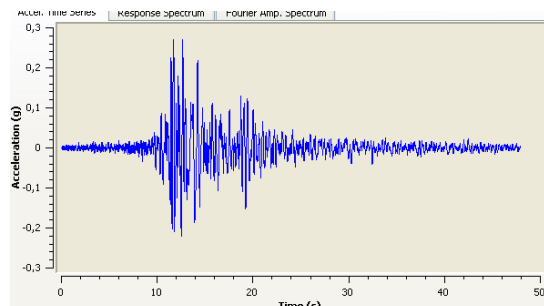
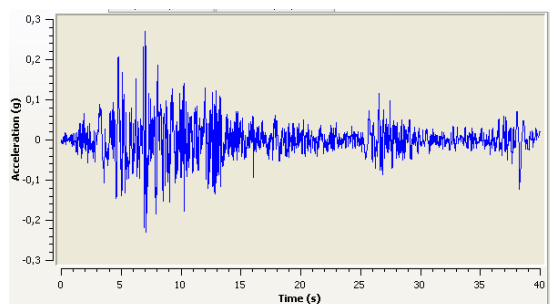
I dati di disaggregazione sono forniti invece in allegato alla L.R. 9/2011 che per ogni Comune della Basilicata ha stabilito il relativo valore dell'accelerazione massima attesa al suolo PGA (g) e i dati di disaggregazione indicati sotto forma di coppia magnitudo e distanza:

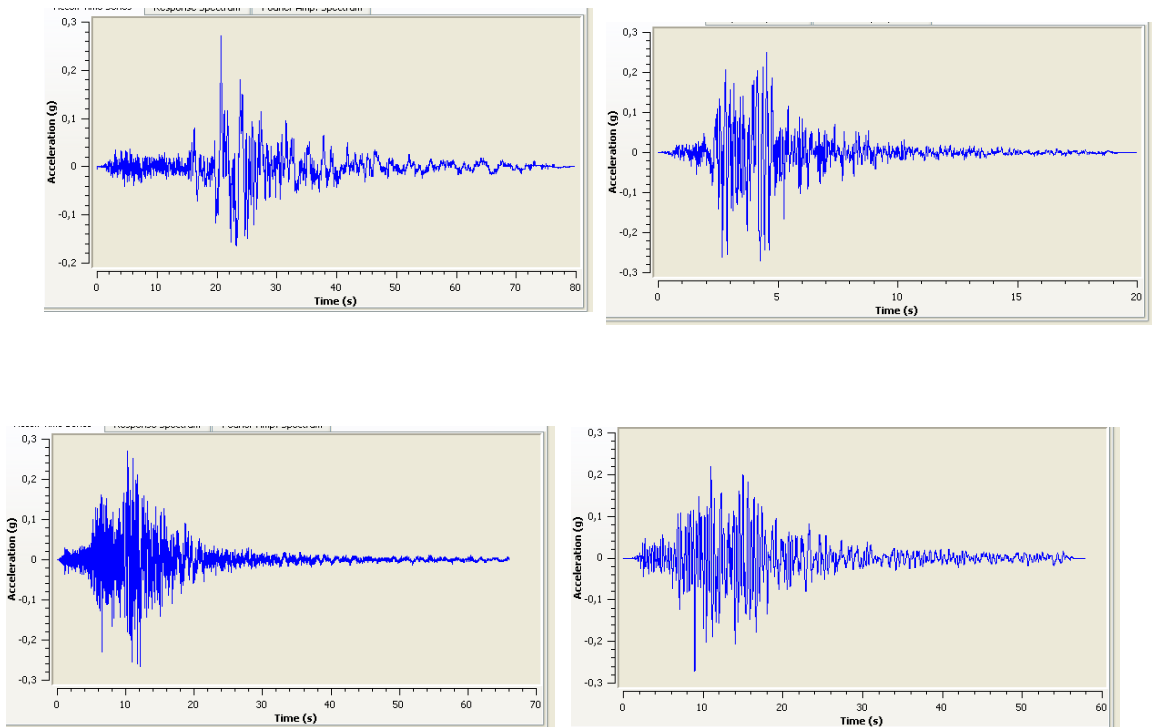
Comune	PGA (g)	Magnitudo	Distanza (km)
Viggiano	0.275	5.8	5

Dati di disaggregazione del territorio comunale di Viggiano (L.R. 07/06/2011 n.9)

Particolare attenzione è stata dedicata alla selezione di una serie di accelerogrammi il più possibile rappresentativi della sismicità dell'area di studio utilizzando il database "Rexel 3.5 beta"(ReLUIS) che permette l'estrazione di accelerogrammi di input naturali per applicazioni ingegneristiche da più banche dati, quali la banca dati europea (ESD) e la banca dati italiana (ITACA).

Inserendo le condizioni di sito di classe "A", la magnitudo e distanza della sorgente sismogenetica per la "disaggregazione" dei dati, con scarto in difetto non superiore al 10%, superiore 30%, range di interesse dei periodi da $T1 [s] = 0.10$ a $T2 [s]=2$, si ottengono 7 coppie di accelerogrammi per le due componenti orizzontali ortogonali le quali approssimano al meglio lo spettro di normativa:





Utilizzando un modello di analisi numerica monodimensionale secondo un'ipotesi di calcolo di modello equivalente lineare (STRATA), il cui codice numerico è simile a quello di SHAKE91, la risposta sismica locale è stata calcolata utilizzando gli accelerogrammi selezionati.

Lo scopo principale dell'analisi di risposta sismica locale è, in breve, quello di prevedere come e quanto il movimento del suolo superficiale sia influenzato dal movimento del bedrock in profondità.

Le premesse per un'analisi monodimensionale di tipo Equivalente Lineare sono:

1. la stratigrafia del suolo sia orizzontale;
2. le onde sismiche si propagano dal basso, verticalmente, polarizzate orizzontalmente;
3. le deformazioni del suolo sono funzione delle proprietà dinamiche dei litotipi.

Definito l'input in termini di eventi sismici da sottoporre a simulazione, mediante specifiche indagini geognostiche e geofisiche, sono state determinate le caratteristiche sismostratigrafiche del volume di terreno d'indagine ed oggetto della probabile amplificazione definendo il modello sismostratigrafico del

terreno. Si assume, come già detto precedentemente, trattandosi di indagini monodimensionali, che gli strati siano piano paralleli e che la propagazione del sisma sia verticale.

Il modello ottenuto può essere così schematizzato:

Sismostrato n	Spessore m	Vs m/s	Peso di volume KN/m ³	
1	45	520	20.66	Depositi alluvionali antichi
2	-	800		Bedrock sismico

Il valore 520 m/s della velocità delle onde S è pari al valore medio ottenuto dai profili di velocità Masw 01 e Masw 03 e dall'estrapolazione delle velocità fino al bedrock sismico (fig. 1):

$$\text{MASW01 } V_{s45} = \frac{2,8 \times 279 + 6,8 \times 297 + 2,7 \times 333 + 3,0 \times 291 + 14,7 \times 566 + 15 \times 683}{45} = 514 \text{ m/s}$$

$$\text{MASW03 } V_{s45} = \frac{1,7 \times 231 + 3,4 \times 376 + 7,3 \times 399 + 4,9 \times 354 + 12,7 \times 564 + 15 \times 682}{45} = 526 \text{ m/s}$$

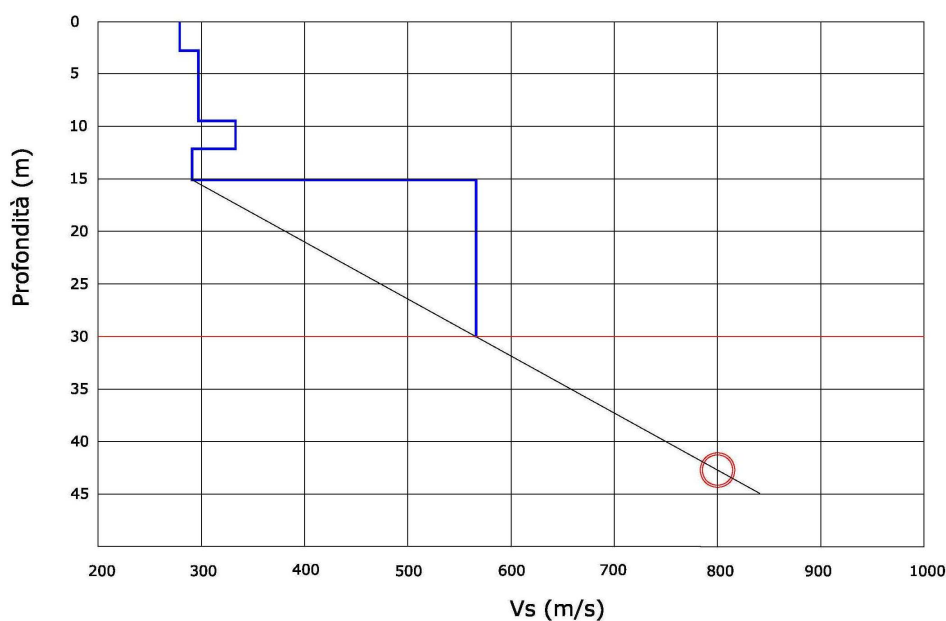
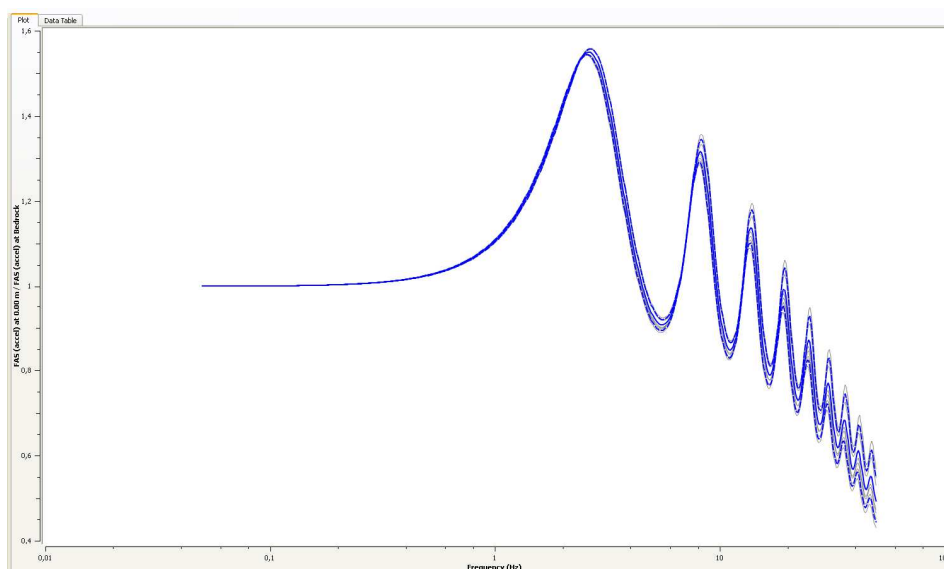
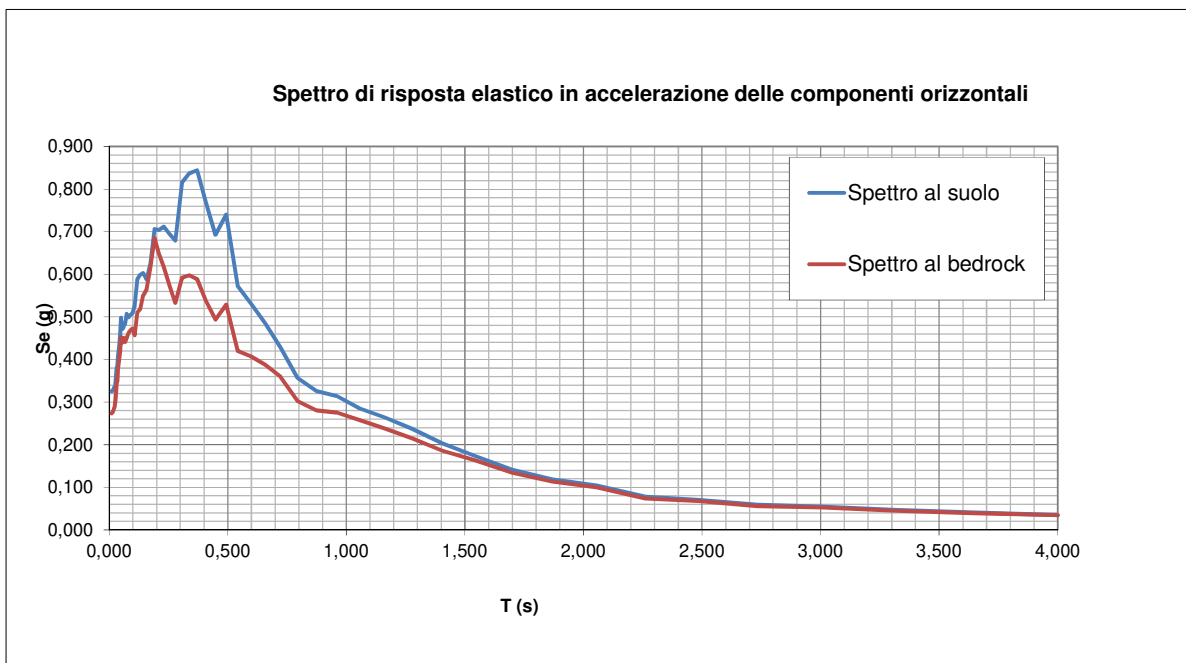


Figura 1 Profilo di velocità del sottosuolo investigato con la Masw 01 e estrapolazione delle velocità fino al bedrock sismico

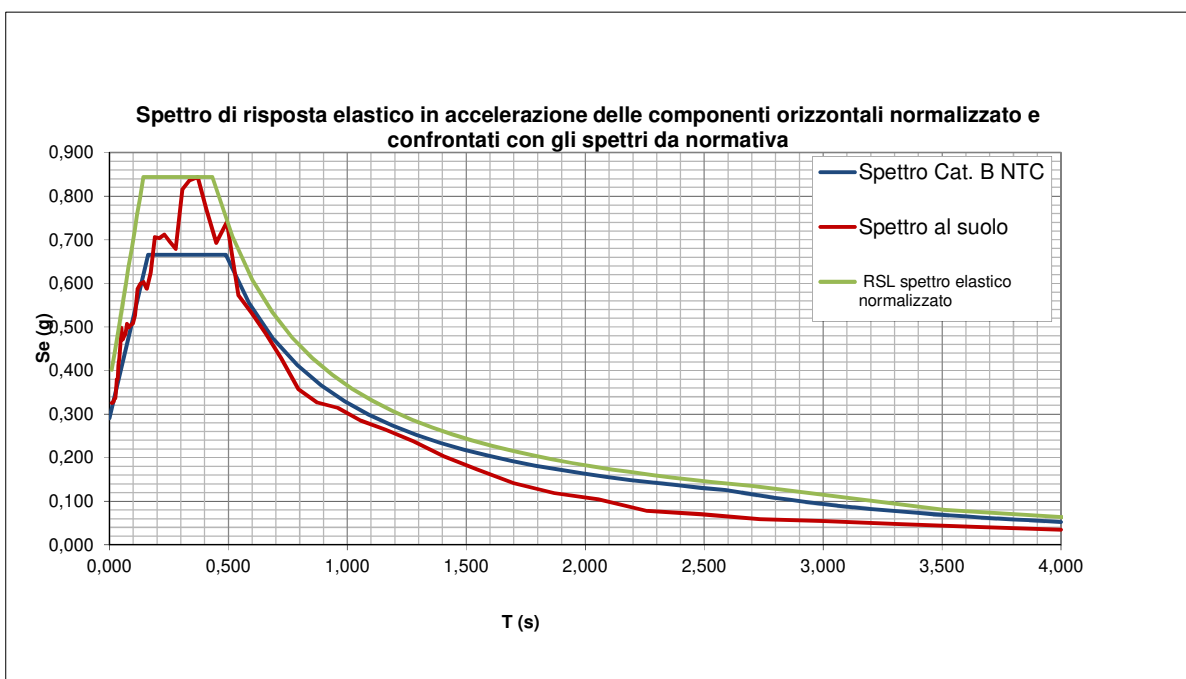
L'analisi ha permesso la definizione della funzione di trasferimento ovvero il rapporto tra gli spettri di Fourier al suolo e al bedrock:



Il software ha inoltre restituito gli spettri in accelerazione delle componenti orizzontali per ogni accelerogramma preso in riferimento. Di seguito si riporta la mediana degli spettri al bedrock e al suolo.



Lo spettro di risposta elastico ottenuto è stato poi confrontato con gli spettri relativi alla categoria B delle NTC 2018.



Dalle analisi effettuate si nota che si ha un'amplificazione al suolo rispetto agli spettri di norma di cat. B.

Di seguito si riportano i parametri indipendenti e dipendenti dello spettro:

PARAMETRI INDIPENDENTI

Stato limite	Tr (anni)	ag (g)	F0	T*C (s)
SLV	475	0.275	2.293	0,363

PARAMETRI DIPENDENTI

S	η	TB (s)	TC (s)	Se(T)
1.34	1	0.143	0.433	0.844g

Il fattore di amplificazione S ($S=S_s \times S_t$) che tiene conto delle condizioni stratigrafiche e topografiche locali ovvero: $S=Se(T)/ag \cdot \eta \cdot F_0$ ed adottando un fattore di smorzamento ϵ del 5% è pari $S=0.844 / 0.275 \cdot 1 \cdot 2.293 = 1.34$.

E' stato inoltre determinato il valore dell'accelerazione massima in superficie (PGA al suolo di progetto) (g) =0.368 g.

Di seguito si riportano in formato tabellare i valori dello spettro di output ottenuto da modellazioni 1D e dello spettro normalizzato:

PIANO DI LOTTIZZAZIONE DI INIZIATIVA PRIVATA
 ZONA PRODUTTIVA ARTIGIANALE D2 - LOCALITA' CEMBRINA

Spettro al suolo			
T (s)	Se(g)		
0,010	0,325	0,191	0,706
0,011	0,326	0,210	0,704
0,012	0,326	0,231	0,712
0,013	0,326	0,254	0,696
0,015	0,327	0,279	0,679
0,016	0,328	0,307	0,816
0,018	0,330	0,337	0,837
0,019	0,333	0,371	0,844
0,021	0,335	0,408	0,770
0,024	0,336	0,449	0,693
0,026	0,341	0,494	0,740
0,028	0,358	0,543	0,572
0,031	0,379	0,597	0,532
0,034	0,381	0,657	0,486
0,038	0,412	0,722	0,428
0,042	0,429	0,794	0,357
0,046	0,456	0,873	0,327
0,050	0,498	0,961	0,314
0,055	0,471	1,056	0,285
0,061	0,477	1,162	0,264
0,067	0,484	1,278	0,238
0,074	0,507	1,405	0,203
0,081	0,499	1,545	0,173
0,089	0,504	1,700	0,141
0,098	0,508	1,869	0,119
0,108	0,527	2,056	0,104
0,119	0,588	2,261	0,078
0,130	0,599	2,486	0,071
0,143	0,603	2,734	0,059
0,158	0,588	3,007	0,054
0,173	0,625	3,307	0,047
		3,637	0,041
		4,000	0,035

SPETTRO NORMALIZZATO		
	T (s)	Se(g)
	0,010	0,401
	0,011	0,405
	0,012	0,408
	0,013	0,412
	0,015	0,416
	0,016	0,422
	0,018	0,427
	0,019	0,433
	0,021	0,439
	0,024	0,446
	0,026	0,454
	0,028	0,463
	0,031	0,472
	0,034	0,483
	0,038	0,494
	0,042	0,507
	0,046	0,521
	0,050	0,536
	0,055	0,552
	0,061	0,571
	0,067	0,591
	0,074	0,613
	0,081	0,638
	0,089	0,665
	0,098	0,694
	0,108	0,727
	0,119	0,763
	0,130	0,802
TB	0,143	0,844
	0,158	0,844
	0,173	0,844

	0,191	0,844
	0,210	0,844
	0,231	0,844
	0,254	0,844
	0,279	0,844
	0,307	0,844
	0,337	0,844
	0,371	0,844
	0,408	0,844
TC	0,430	0,844
	0,494	0,740
	0,543	0,673
	0,597	0,612
	0,657	0,557
	0,722	0,506
	0,794	0,460
	0,873	0,418
	0,961	0,380
	1,056	0,346
	1,162	0,315
	1,278	0,286
	1,405	0,260
	1,545	0,236
	1,700	0,215
	1,869	0,196
	2,056	0,178
	2,261	0,162
	2,486	0,147
TD	2,700	0,135
	3,007	0,109
	3,307	0,090
	3,637	0,075
	4,000	0,062

Per la definizione del fattore di amplificazione orizzontale (FA) e del fattore di amplificazione verticale (FV), si è proceduti secondo quanto definito negli ICMS:

- si determina il periodo di massimo valore dello spettro di input (TAi) e di quello di output (TAo);
- si calcolano i valori medi degli spettri di input (SA_{m,i}) e di output (SA_{m,o}) nell'intorno di TAi e TAo

$$SA_m = \frac{1}{TA} \int_{0.5 \cdot TA}^{1.5 \cdot TA} SA(T) dT$$

dove:

SAm è il valore medio dello spettro e può essere SAm,i o SAm,o

SA(T) è lo spettro di risposta elastico in accelerazione pari a SAi per l'input, SAo per l'output

TA vale TAi per l'input TAo per l'output;

- si determinano i periodi (TVi) e (TVo) di massimo valore degli spettri di pseudovelocità così definiti:

$$SV(T) = SA(T) * \frac{T}{2\pi}$$

dove:

SV(T) corrisponde rispettivamente a SVi(T) per l'input e SVo(T) per l'output

- Si calcolano i valori medi degli spettri (SVm,i) e (SVm,o) nell'intorno di TVi e TVo:

$$SV_m = \frac{1}{0.4 * TV} \int_{0.8*TV}^{1.2*TV} SV(T) dT$$

dove:

SVm è il valore medio dello spettro e può essere SVm,i o SVm,o

TV può essere TVi e TVo rispettivamente per l'input e l'output.

L'intervallo di integrazione è ridotto rispetto a quello dell'accelerazione perché lo spettro di velocità ha, generalmente, un andamento più regolare.

- si determina il valore di **FA** pari al rapporto SAm,o / SAm,i = **1,31**
- si determina il valore di **FV** è pari al rapporto SVm,o / SVm,i = **1,10**.

Le caratteristiche sismiche di suolo individuate sulla base del modello geologico-geofisico ipotizzato e, utilizzando la metodologia a norma di legge, sono state riportate nella Tavola G05 - Carta di Microzonazione di sismica.

8 - STRUTTURE DI FONDAZIONE E CAPACITÀ PORTANTE

Le caratteristiche meccaniche e le condizioni morfologiche del terreno rendono possibile per l'intera area di piano la realizzazione di una fondazione diretta, avendo eventualmente cura di ripartire adeguatamente elevati carichi concentrati.

Sulla base dei sondaggi eseguiti, il sistema fondale potrà avere un piano di posa a partire da -1.5 m, in modo da asportare i terreni di copertura (terreno agrario).

Per quanto detto i parametri geotecnici da utilizzare nel calcolo delle fondazioni sono:

Valori nominali dei parametri resistenza:

peso di volume (γ)	20.60	KN/m ³
Coesione (c')	21.85	KN/m ²
Angolo di attrito interno	24.6	gradi

Valori di progetto dei parametri di resistenza:

PARAMETRI TERRENO	CASO	
	M1	M2
Peso di volume (γ)	20.60 KN/m ³	20.60 KN/m ³
Coesione (c')	21.85	17.48
Angolo di attrito interno(ϕ)	24.6°	20.11°

La quota del livello di falda deve essere considerata a - 13.80 m dal p.c.

Nella Tavola G06 si riportano le sezioni litostratigrafiche i cui profili topografici sono stati ottenuti dalla Tavola 11 "*Profili altimetrici*" di progetto.

7 – CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITA' E CRITICITA' GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA

Tale Carta suddivide il territorio in esame in classi e costituisce l'elaborato cui bisogna far riferimento per la pianificazione dell'area stessa.

L'elaborato redatto (Tav. G07), deriva dalla sovrapposizione analitica e critica dei vari tematismi geologici prodotti.

Per quanto contenuto nella L.R n. 23/99 e per quanto espressamente riportato nel suo Regolamento di Attuazione, l'intera area di piano, viste le sue caratteristiche geologiche, geomorfologiche, sismiche e litotecniche, viene classificata come area:

1a – Aree utilizzabili ai fini edilizi (Aree non critiche).

L'area di piano, pertanto è utilizzabile per quanto riportato nelle previsioni di progetto.

Considerate le caratteristiche meccaniche e le condizioni geomorfologiche del terreno, per gli interventi di progetto potranno essere adottate fondazioni superficiali di tipo diretto.

Pisticci, settembre 2021

Il Geologo
Dr. Domenico Laviola