

COMUNE DI SUCCIVO

PROVINCIA DI CASERTA

PIANO URBANISTICO ATTUATIVO - P.U.A. COMPARTO C2 IN LOCALITA' "PARADISO"

TAV. 12

RELAZIONE GEOLOGICA

MARZO
2023

COMMITTENTI: PELLINO GIUSEPPINA

ERCOLANESE GAETANO

ERCOLANESE GENNARO

ERCOLANESE ALESSANDRA

ERCOLANESE IMMACOLATA

IOVINELLA TERESA

SODANO ANGELA

SODANO LUIGI

SODANO MARIA

SIGISMONDO SALVATORE

BENGIVENGA NICOLA

PELLINO ANNA

PELLINO MARGHERITA

DI MURO MARIA IMMACOLATA

CIARAFFA ASSUNTA

CIARAFFA FRANCESCA

CIARAFFA CARMELA

TESSITORE FRANCESCO

VISTI

Il Tecnico:

Prof. Arch. Francesco Tessitore

Studio di Geologia Applicata e Ambientale

Dott.ssa Mariagrazia D'Ambrosio

COMUNE

DI SUCCIVO

(Provincia di Caserta)

**RELAZIONE GEOLOGICA
E
MODELLAZIONE SISMICA**

Progetto

Lottizzazione Comparto C1/2 Via Trivio del Castagno - Succivo

- Località:

Via Trivio del Castagno

- Committente:

Dott. Arch. Francesco Tessitore

IL GEOLOGO

Dott.ssa Mariagrazia D'Ambrosio

INDICE

1 - Premessa	pag. 3
2 - Normativa di riferimento	pag. 5
2.1 - Normativa nazionale	pag. 5
2.2 - Normativa regionale	pag. 5
3 - Inquadramento territoriale	pag. 6
4 - Inquadramento geologico	pag. 7
4.1 - Carte Geolitologica	pag. 8
4.2 - Stratigrafia	pag. 8
5 - Inquadramento geotettonico	pag. 10
6 - Inquadramento geomorfologico e idrogeologico	pag. 12
7 - Pericolosità dell'area di indagine	pag. 13
8 - Sismicità	pag. 15
8.1 - Sismicità locale	pag. 18
8.2 - Parametri sismici	pag. 23
8.3 - Fattori di amplificazione (FA e FV)	pag. 24
9 - Verifica alla liquefazione	pag. 27
10 - Caratterizzazione geomeccanica	pag. 37
11 - Carte Geologico-tecnica e sezioni geologiche	pag. 39
12 - Carte delle microzone omogenee in prospettiva sismica	pag. 39
13 - Conclusioni	pag. 41

ALLEGATI

- Carte delle indagini in scala 1:1000
- Carta Geolitologica in scala 1:1000
- Carta Idrogeologica in scala 1:1000
- Carta Geomorfologica e della stabilità in scala 1:1000
- Carta geologico-tecnica in scala 1:1000
- Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica in scala 1:1000
- Sezioni Litotecniche in scala 1:200/100
- Sezioni Geologiche in scala 1:500
- Indagini Geognostiche

1. PREMESSA

La presente relazione geologica è stata redatta a seguito dell'incarico conferitomi dal Dott. Arch. Francesco Tessitore nato in Atella di Napoli il 14/05/1945, in qualità di incaricato della progettazione, alla scrivente Dott.ssa Geol. Mariagrazia D'Ambrosio, iscritta all'Albo dell'Ordine dei Geologi della Regione Campania al n° 2701, a supporto del progetto di un piano di lottizzazione su un terreno sito in Succivo (CE) alla Via Trivio del Castagno indicato in Catasto al foglio 5 particelle 25-26-27.

Scopo del presente lavoro è stato quello di verificare le condizioni di stabilità delle aree di intervento, di caratterizzare dal punto di vista geologico i terreni e per essi ricercare i parametri fisico-meccanici caratteristici.

Per la realizzazione di tale lavoro sono stati preliminarmente raccolti dati bibliografici e quelli relativi a vari sondaggi geognostici già realizzati nell'area in esame e al contorno, integrati con un rilevamento geologico geomorfologico e idrogeologico dell'area.

A questa fase preliminare ha fatto seguito un esame più particolareggiato, dedicato alla ricostruzione della successione litostratigrafica, alla caratterizzazione geomeccanica dei litotipi e alla caratterizzazione delle aree in prospettiva sismica.

Sono stati presi a riferimento sondaggi pregressi effettuati sia direttamente sul sito di interesse che in zone limitrofe:

- S3 – LAT: 40.967508° LONG: 14.248472° data Ottobre 2017
- S5 – LAT: 40.967181° LONG: 14.246883° data Febbraio 2003
- S6 – LAT: 40.968587° LONG: 14.246938° data Febbraio 2003

Sulla base di tali indagini e della loro disposizione territoriale, sono state eseguite indagini dirette ed indirette nell'area di interesse che comprendono:

- N°1 indagine sismica con tecnica Masw per la valutazione del parametro $VS_{,eq}$
- N° 1 indagine sismica in foro Down-Hole per la valutazione del parametro $VS_{,eq}$
- N° 3 H/V per valutare la frequenza di risonanza dei terreni

- N°2 sondaggi a carotaggio continuo per il riconoscimento delle litologie presenti
- N°4 prove penetrometriche DPSH per valutare le caratteristiche fisiche e meccaniche dei litotipi
- N° 4 SPT in foro di sondaggio per valutare le caratteristiche fisiche e meccaniche dei litotipi
- N° 2 analisi di laboratorio su campione indisturbato per valutare le caratteristiche fisiche generali e meccaniche.

In ottemperanza con quanto previsto dalla normativa vigente, sono state elaborate le seguenti rappresentazioni cartografiche:

- Carta Ubicazione Indagini in scala 1:1000
- Carta Geolitologica in scala 1:1000
- Carta Geomorfologica e della Stabilità in scala 1:1000
- Carta Idrogeologica in scala 1:1000
- Carta Geologico-tecnica in scala 1:1000
- Carta delle MOPS scala 1:1000
- Sezioni Litotecniche in scala 1:200/100
- Sezioni Geologiche in scala 1:500

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

2.1 Normativa Nazionale

- D.G.R. della Campania n° 5447/2002 recante “Aggiornamento della classificazione sismica dei Comuni della Regione Campania”
- D.G.R. della Campania n° 248/2003 circolare applicativa alla D.G.R. della Campania n° 5447/2002, che impone di adeguare gli strumenti urbanistici alle nuove categorie sismiche
- Ordinanza PCM 3274 (20/03/2003) e s.m.i. “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”
- Ordinanza PCM 3519 (28/04/2006) “Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone” (G.U. n.108 del 11/05/2006)
- Decreto 7 aprile 2006 Criteri e norme tecniche generali per la disciplina regionale dell'utilizzazione agronomica degli effluenti di allevamento, di cui all'articolo 38 del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152
- Norme Tecniche per le Costruzioni. Decreto 14/01/2008 del Ministero delle Infrastrutture (GU n.29 del 04/02/2008) e Relativa Circolare del 2 febbraio 2009
- Aggiornamento delle “Norme Tecniche per le Costruzioni”. Decreto 17/01/2018 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.
- Indirizzi e criteri generali per la microzonazione sismica elaborati dal Dipartimento della Protezione Civile nell'anno 2008.

2.2 Normativa Regionale

- Legge Regionale //01/1983 n°9 “Norme per l'esercizio delle funzioni in materia di difesa del territorio dal Rischio Sismico” e successive integrazioni
- Deliberazione di Giunta Regionale n° 248 del 24/1/2003. Circolare applicativa relativa alla strumentazione urbanistica
- Deliberazione di Giunta Regionale n° 334 del 31/1/2003. Regolamento per la disciplina della fase transitoria di applicazione delle norme tecniche nei comuni dichiarati o riclassificati sismici con Del. G.R. n. 5447 del 7/11/2002
- Deliberazione di Giunta Regionale n° 335 del 31/1/2003. Procedura tecnico-amministrativa per la verifica strutturale del patrimonio pubblico e l'analisi geologica in prospettiva sismica del territorio campano

3. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il sito in esame si trova all'interno del comune di Succivo (CE) in via Trivio del Castagno (Fig.1 - Ortofoto).



Figura 1- Ortofoto del sito oggetto di interesse

4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Le caratteristiche geologiche del territorio sono strettamente legate all'evoluzione della Piana Campana, la cui origine è da imputare all'attività tettonica di tipo distensivo, esplicatasi a partire dal Pliocene Superiore, che ha interessato la catena Appenninica di recente sollevamento.

La Piana si è evoluta attraverso fenomeni di subsidenza con accumulo di sedimenti marini, alluvionali e palustri, intervallati dalla deposizione di depositi piroclastici legati prevalentemente all'attività vulcanica dei Campi Flegrei e subordinatamente all'attività del Roccamonfina e del Somma-Vesuvio.

I litotipi che affiorano nel territorio di Succivo sono costituiti in prevalenza da depositi piroclastici provenienti prevalentemente dai Campi Flegrei, la cui attività, secondo la più recente bibliografia, è stata suddivisa in 4 cicli:

- I Ciclo: i depositi caratteristici di questo periodo sono rappresentati da un livello di pomici che si rinviene alla base dell'Ignimbrite Campana. L'età di tale ciclo risale ad oltre 39.000 anni.

- II Ciclo: messa in posto dell'Ignimbrite Campana (Tufo Grigio Campano). La messa in posto del tufo grigio è da mettere in relazione ad un'attività fissurale, determinata da fratture con direzione appenninica, che originariamente ha coperto un'area vasta circa 7.000 Km²; attualmente gli affioramenti ricoprono circa 500 Km² di superficie. Data la tipologia esplosiva le differenziazioni stratigrafiche sono dovute più che a variazioni litologiche a variazioni granulometriche.

- III Ciclo: di questo periodo è la messa in posto del "Tufo Giallo Napoletano", utilizzato come marker stratigrafico data l'enorme diffusione nell'area Flegrea; il "Tufo Giallo" forma, infatti, l'ossatura di gran parte dei rilievi tra i Campi Flegrei e Napoli. L'età di queste formazioni è valutata intorno ai 13.000 anni.

- IV Ciclo: le formazioni di quest'ultimo ciclo d'attività partono da 10.000 anni fino al 1538 con la formazione di M. Nuovo; in questo periodo si è avuta la formazione dei vulcani piroclastici monogenici che attualmente formano i Campi Flegrei.

I sondaggi geognostici, realizzati per tale studio e quelli presi a riferimento, hanno consentito di realizzare una chiara ricostruzione stratigrafica, evidenziando una sostanziale omogeneità dei materiali presenti nell'immediato sottosuolo e dei relativi spessori.

In particolare, i terreni affioranti nell'area in studio, di seguito descritti, sono stati riportati nella "Carta Geolitologica", in scala 1:1000.

4.1 CARTA GEOLITOLOGICA

Il rilevamento geologico di campagna, l'analisi topografica, l'esecuzione di opportune indagini geognostiche dirette ed indirette, la consultazione di studi pregressi e della cartografia geologica ufficiale, hanno consentito la redazione della Carta Geolitologica in scala 1:1.000 del sito in esame. I litotipi che costituiscono il rilievo sono stati cartografati in tutta la loro distribuzione areale e raggruppati in complessi geolitologici. All'interno dello stesso complesso sono stati riuniti uno o più litotipi, appartenenti anche a formazioni diverse dal punto di vista propriamente litostratigrafico, ma che risultano omogenei per ciò che concerne la risposta morfologica. Il complesso geolitologico predominante in affioramento è costituito da una sequenza di livelli vulcanoclastici, sia in giacitura primaria che rimaneggiata, da sciolti a moderatamente addensati di ceneri a grana sabbiosa e limosa con lapilli pomicei sparsi, eterometrici e subarrotondati con intercalazioni di livelli di paleosuoli brunastri. Lo spessore di tale complesso è variabile da circa 7.00m a 9.00 metri. Tale complesso risulta compreso tra la superficie topografica sub pianeggiante e la superficie sommitale del banco tufaceo in facies giallastra, che rappresenta una superficie di erosione e, a luoghi di non deposizione, ed in quanto tale con andamento irregolare e talora imprevedibile.

4.2 STRATIGRAFIA

La stratigrafia dei terreni desunta dai sondaggi effettuati nell'area in esame, e dal confronto dei dati dei sondaggi realizzati a contorno, per la caratterizzazione del volume significativo geologico, risulta essere (all. Sezioni Geologiche):

- Terreno vegetale marrone bruno (spessore circa 1.00 m)
- Sabbia limosa di colore marrone con minute pomici (spessore 1.00-2.00 m)
- Pozzolana sabbia limosa di colore grigiastro con presenza di pomici e lapilli di dimensioni centimetriche poco addensata (spessore 1.00-2.00 m)
- Sabbia fine con limo di colore grigiastro con pomici e lapilli e rare scorie (spessore 2.00-5.50 m)
- Cappellaccio tufaceo alterato (0.50-1.00 m)

- Tufo giallo vacuolare con pomici e lapilli di dimensioni centimetriche – Facies litoide (spessore 6.00 m)
- Pozzolana sabbioso limosa di colore grigio scuro con frammenti litici e minute pomici (spessore 2.00-4.00 m)
- Cinerite di colore grigio scuro sabbioso-limosa a grana fine scoriacea con frammenti litici da centimetrici a decimetrici, a tratti litoide (spessore 15.00 m).

5. INQUADRAMENTO GEOTETTONICO

Dal punto di vista tettonico, l'area in esame appartiene al dominio geologico della Piana Campana, importante depressione strutturale (Graben) del bordo tirrenico dell'Appennino impostato su un originario piastrone carbonatico formata tra il Pliocene sup. ed il Quaternario. La piana estesa circa 1500 kmq è delimitata a NW dal M.te Massico, a NE dai M.ti di Caserta ed a SE dai M.ti Lattari. Lungo le fratture che hanno prodotto la depressione si è avuta, nel tempo, un'intensa attività vulcanica condizionando fortemente l'assetto morfologico e stratigrafico della piana. Le rocce affioranti nella Piana hanno litologia e genesi differenti; sono presenti sia rocce vulcaniche e piroclastiche, messe in posto dall'intensa attività eruttiva dei complessi vulcanici dei Campi Flegrei, del Roccamonfina e del Somma - Vesuvio, sia depositi epiclastici e alluvionali depositi dai corsi d'acqua che solcano la piana.

In superficie, quindi, sono ben osservabili le strutture marginali del graben. Le strutture recenti principali sono rappresentate da faglie normali orientate NE-SW e NWSE, che in almeno due fasi del Quaternario hanno determinato rigetti verticali dell'ordine di qualche migliaia di metri.

Le strutture mioceniche, osservabili ai margini della Piana, sono connesse ai fenomeni di sovrascorrimento che hanno interessato la copertura sedimentaria triassico-miocenica e non sono legate alle deformazioni attuali del basamento cristallino. Queste ultime hanno orientamento W-E e sono costituite da una serie di monoclinali immergenti a Nord e delimitate a Sud da faglie normali, aventi rigetti verticali fino a mille metri e che tendono ad estinguersi, verso il basso, sulle superfici di sovrascorrimento.

Le faglie recenti, cui sono connessi anche i fenomeni vulcanici del graben della Piana Campana, sono evidenti, con gli stessi orientamenti e sempre con notevoli rigetti verticali, in tutto l'Appennino Campano-Lucano.

La struttura profonda della Piana Campana è stata indagata sia con prospezioni geofisiche che con pozzi profondi. I pozzi (profondi sino ad alcune migliaia di metri) però non hanno mai raggiunto, nella parte centrale del graben, il substrato carbonatico sottostante i potenti depositi alluvionali detritici e vulcanici quaternari.

Le strutture profonde quindi risultano ancora oggi di difficile e controversa interpretazione per gli oggettivi limiti delle indagini finora condotte.

Dalla consultazione di ITHACA-CATALOGO DELLE FAGLIE CAPACI dell'ISPRA- Dipartimento per il Servizio Geologico d'Italia (fig.2), l'area in esame non risulta essere interessata dalla presenza di faglie attive e capaci.

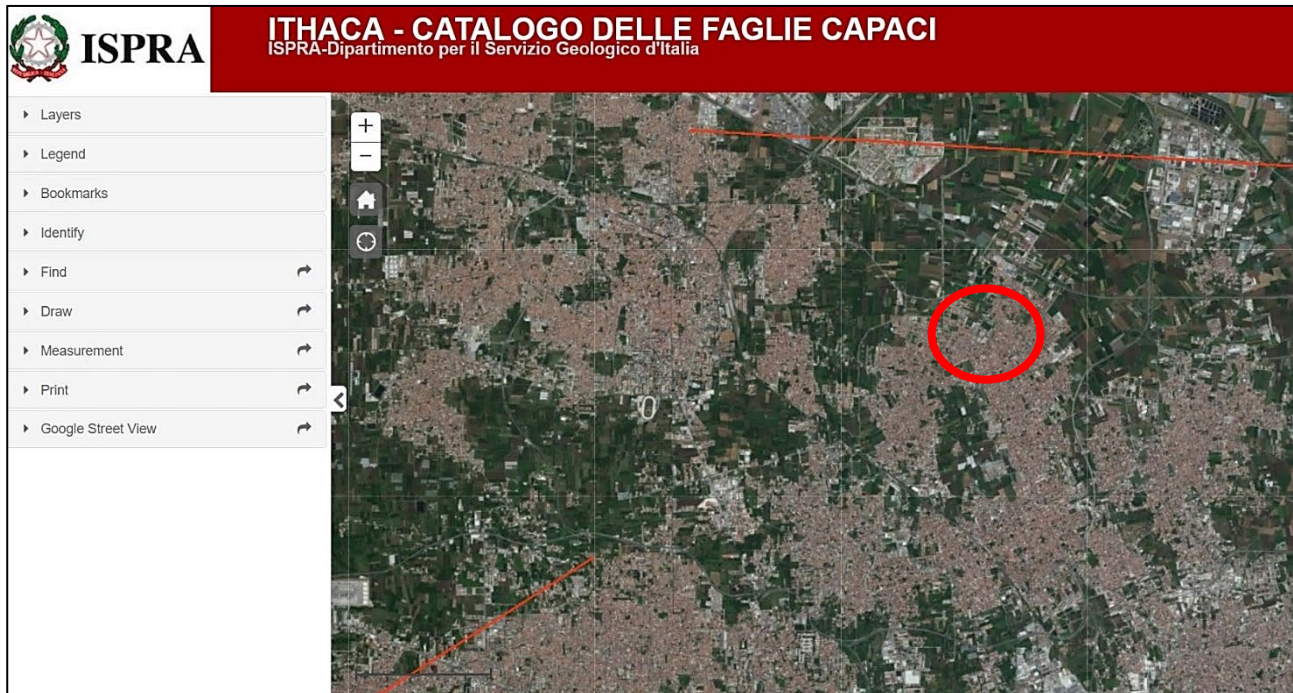


Figura 2- ITHACA-CATALOGO DELLE FAGLIE CAPACI dell'ISPRA

6. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO

L'area oggetto di intervento si trova all'interno del comune di Succivo (CE) in via Trivio del Castagno. Tale area presenta una conformazione morfologica pressoché pianeggiante con pendenza media di circa 1% (verso Est), tipica di piana alluvionale, con quote assoluta media sul livello marino di circa 33.00 mt; quota a cui è situato il suddetto sito di interesse.

Dal punto di vista idrogeologico, la circolazione idrica dell'area in esame fa parte del grande flusso idrico che dai limiti orientali della Piana Campana, rappresentati dai rilievi appenninici, muove verso il Mar Tirreno, interessando principalmente terreni di natura detritico-vulcanica.

Il complesso delle piroclastiti che costituisce in maggior parte il sottosuolo dell'area, ha generato un'estrema differenziazione idrogeologica, con un grado di permeabilità complessivo medio-basso, con livelli che hanno differenti valori dei coefficienti di permeabilità (media e alta), con conseguente difficoltà nell'individuare ed interpretare gli scambi idrici e le variazioni piezometriche. La circolazione idrica nel sottosuolo avviene in acquiferi incoerenti (sabbie e ghiaie) che vanno a costituire dei livelli più o meno permeabili in dipendenza di una porosità elevata. La trasmissività media dell'acquifero è dell'ordine di 1×10^{-4} - 5×10^{-5} m²/sec con una velocità di deflusso della falda generalmente bassa.

Si possono individuare varie falde sovrapposte, talvolta gradualmente e localmente coalescenti, ciascuna caratterizzata da un proprio livello piezometrico.

Nell'area in esame la falda idrica, misurata nei fori di sondaggio, risulta essere collocata ad una quota di circa -17.00 metri s.l.m. (Carta idrogeologica in scala 1:1000).

7. PERICOLOSITA' DELL'AREA DI INDAGINE

Secondo la cartografia prodotta dall'Autorità di Bacino Regionale della Campania Centrale (adottata con Delibera di Comitato istituzionale n°1 del 23/02/2015) si osserva che l'area interessata non ricade nelle zone a rischio idraulico molto elevato (R4) o elevato (R3), né in quelle a rischio idraulico medio (R2) o moderato (R1) soggette a salvaguardia (Fig.3 – Carta rischio idraulico ADB). Per ciò che concerne il rischio frana, trattandosi di una zona pianeggiante, non si evidenziano particolari fenomeni gravitativi di interesse, così come mostrato dalla Carta Rischio Frana redatta dalla suddetta Autorità di bacino (Fig.4 – Carta rischio frana ADB).

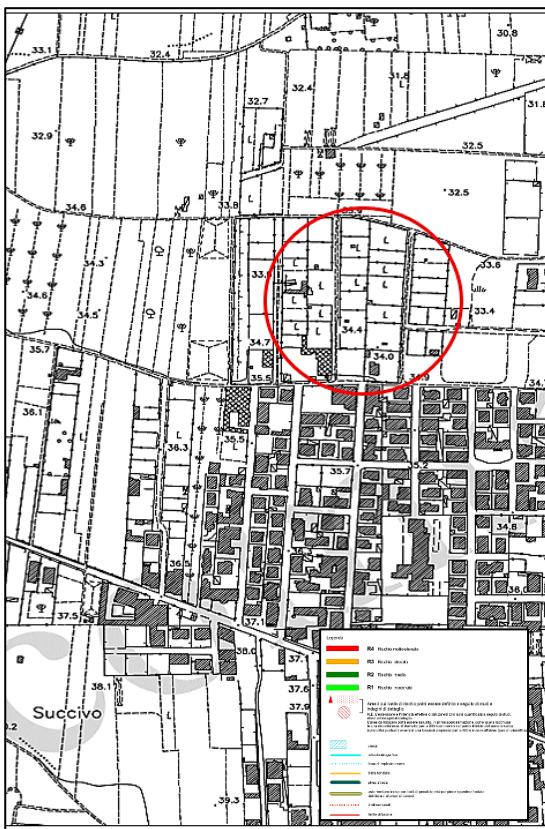


Figura 3 – Carta del Rischio Idraulico (*non in scala*)

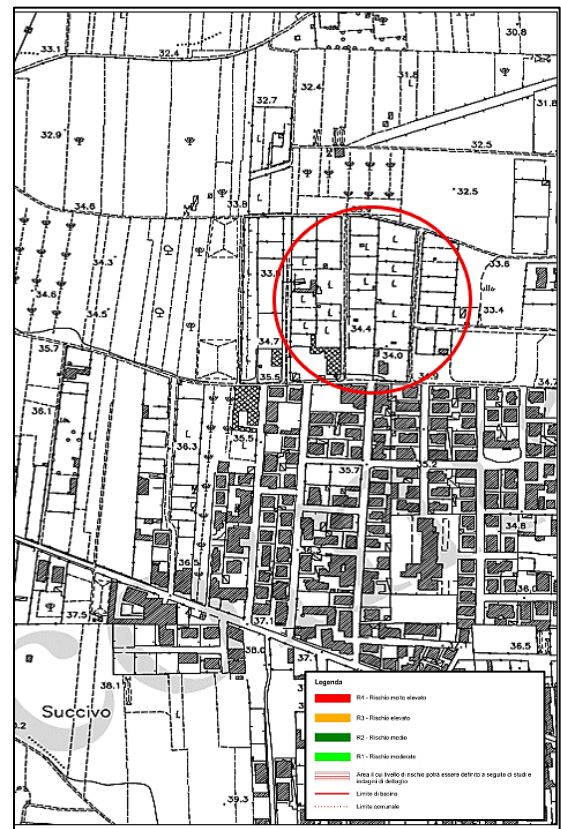


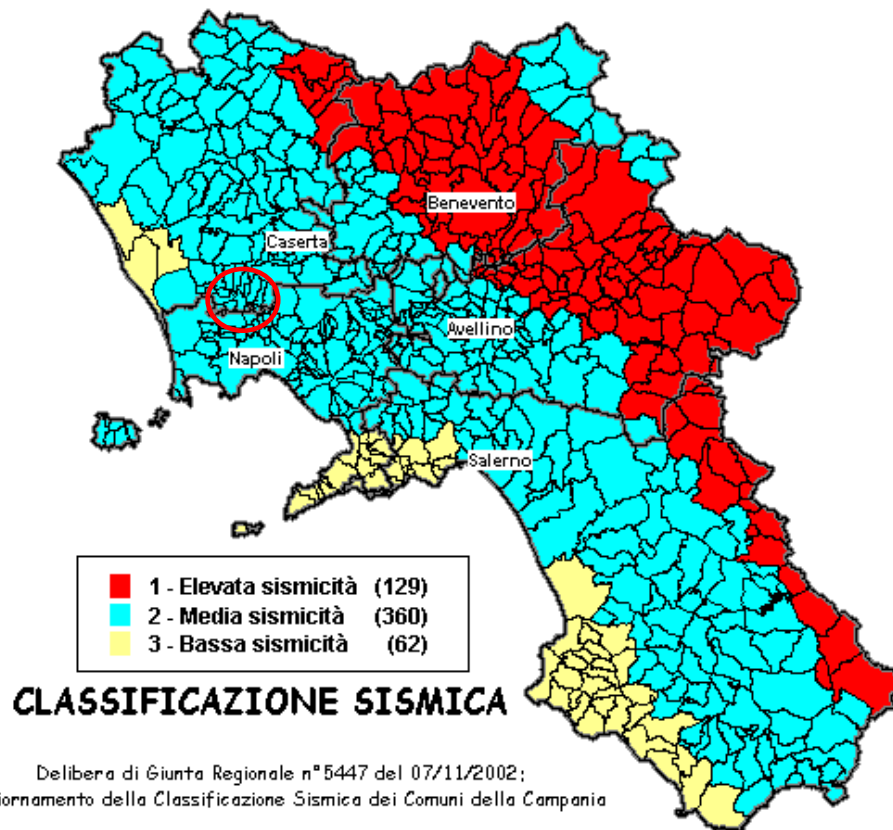
Figura 4 – Carta del Rischio Frana non in scala)

Dalla consultazione della cartografia redatta a supporto degli studi effettuati nell'area risulta che la maggior parte del territorio di Succivo ricade nella prima classe di pendenza (\leq del 5%). Il sito in esame risulta essere classificata per quanto concerne gli aspetti di stabilità: come una zona stabile (Carta geomorfologica e della stabilità scala

1:1000). **Da indagini bibliografiche e dirette, effettuate in sito, non è stata rilevata la presenza di cavità antropiche e di tracce di dissesti.**

8. SISMICITA'

In seguito alla Delibera di Giunta Regionale n°5447 del 07/11/2002 "Aggiornamento della classificazione sismica dei comuni della Regione Campania" il comune di Succivo risulta riclassificato di II categoria (S=9) con relativo coefficiente d'intensità sismica $C=(S-2)/100$ pari a 0.07 g (illustrazione 1).



III. 1 – Classificazione sismica del 2002 dei comuni della Regione Campania. Zona 1, valore di $a_g=0.35g$; Zona 2, valore di $a_g=0.25g$; Zona 3, valore di $a_g=0.15g$.

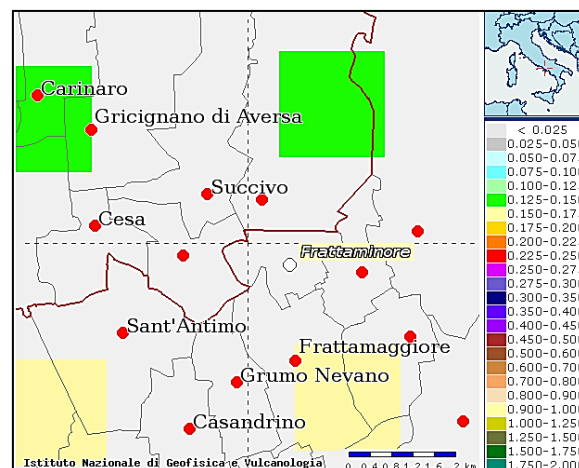
Le nuove norme tecniche in materia di costruzioni in zone sismiche (O.P.C.M. n. 3274/2003) integrate nel Nuovo Testo Unico per le Costruzioni (D.M. 14 settembre 2005), indicano 4 valori di accelerazioni orizzontali a_g/g di ancoraggio dello spettro di risposta elastico; pertanto, il numero delle zone è fissato a 4. I comuni in precedenza indicati come appartenenti alla I, II, e III Categoria Sismica (D.M. 16/01/1996), devono essere intesi come rispettivamente appartenenti alle zone 1, 2 e 3.

Ciascuna zona è individuata secondo valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo (a_g), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, secondo lo schema successivo. Per quest'ultima classificazione il Comune di Succivo rientra in Zona II.

ZONA	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [a_g/g]	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) [a_g/g]
1	> 0.25	0.35
2	0.15 – 0.25	0.25
3	0.05 – 0.15	0.15
4	< 0.05	0.05

Tab.1 - Valori di a_g

La tabella riporta i valori di a_g da adottare in ciascuna delle zone sismiche del territorio nazionale. Nel nostro caso, dato che il comune di Succivo ricade nella zona 2, il valore di accelerazione da prendere a riferimento è $a_g = 0.25g$, ovvero l'accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico è 0.25 (g). Con l'entrata in vigore del D.M. 17 Gennaio 2018, invece, la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente".



III. 2 - Valori di pericolosità sismica del territorio nazionale espressi in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (INGV)

L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi "stati limite" presi in considerazione, viene definita partendo dalla "pericolosità di base" del

sito di intervento, che rappresenta l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica.

La pericolosità sismica di un sito è descritta dalla probabilità che in un fissato lasso di tempo, in un detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato. In base a quanto riportato nelle NTC, tale lasso di tempo, espresso in anni, è denominato periodo di riferimento VR, legato alla vita nominale dell'edificio in progetto VN ($VR = VN \times Cu$ dove Cu è il coefficiente d'uso legato alla categoria dell'edificio), e la probabilità è denominata probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento PVR.

Per descrivere la pericolosità sismica in un generico sito con un livello di precisione sufficiente, sia in termini geografici che in termini temporali, i risultati dello studio di pericolosità sismica devono essere forniti:

In corrispondenza dei punti di un reticolo (reticolo di riferimento) i cui nodi, individuati in termini di latitudine e longitudine, debbono distare un passo $\leq 0,05^\circ$;

Per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno TR ricadendo in un intervallo di riferimento compreso almeno tra 30 e 2475 anni, estremi inclusi;

In termini di valori di accelerazione orizzontale massima a_g e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle NTC, nelle condizioni di sottosuolo rigido affiorante.

In particolare, i caratteri del moto sismico di riferimento rigido orizzontale sono descritti dalla distribuzione sul territorio nazionale delle seguenti grandezze, sulla base delle quali sono compiutamente definite le forme spettrali per la generica PVR.

- a_g = accelerazione massima al sito;

- F_0 = 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

Il valore di a_g viene direttamente dalla pericolosità di riferimento, attualmente fornita dall'INGV, mentre F_0 e TC^* vengono calcolati in modo che gli spettri di risposta elastici

in accelerazione, velocità e spostamento forniti dalle NTC approssimino al meglio i corrispondenti spettri di risposta elastici in accelerazione, velocità e spostamento derivanti dalla pericolosità di riferimento.

Lo scuotimento del suolo così individuato deve essere corretto per tenere conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali del sottosuolo effettivamente presente nel sito di costruzione e della morfologia di superficie (con la determinazione della categoria di sottosuolo specifica del sito e dei coefficienti di amplificazione topografica ST e stratigrafica SS).

8.1 Sismicità locale

Il territorio comunale di Succivo (CE) non rientra in una fascia sismogenetica, mentre risulta interessato dagli effetti macrosismici di terremoti appenninici soprattutto di origine tettonica e, in misura subordinata, da eventi di origine vulcanica con epicentro nei vicini distretti del Vesuvio e dei campi Flegrei. Quanto sopra, ben si coglie dai dati delle ubicazioni degli ipocentri riportati nell'illustrazione seguente, relativi agli eventi più forti (in termini di Intensità macrosismica e Magnitudo) registrati negli ultimi 2000 anni, da cui è possibile rilevare come solo pochi eventi sono ascrivibili a sismi di origine vulcanica.

Eventi con magnitudo 4 – 5 ubicati a profondità fino a 35 km, sono molto diffusi soprattutto lungo la catena appenninica; qui i trend di fratturazione principali hanno direzione prevalente NW – SE. Non sono rari eventi con magnitudo > 6, quale quello del 23 novembre 1980 che si è risentito nel territorio oggetto di studio con intensità locale del VII grado della scala MCS (tabella 1).

Nella Tabella.2, si osservano i dati riguardanti la storia sismica per il territorio comunale in oggetto dal 1800, limitatamente ai principali eventi sismici con intensità epicentrale uguale o superiore a 4 in termini di Mw (Magnitudo Momento), i cui effetti hanno interessato l'area in oggetto, in termini di Intensità al sito (MCS).

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
F	1903	05	04	03	44		Valle Caudina	78	7	4.69
6	1962	08	21	18	19		Irpinia	562	9	6.15
7	1980	11	23	18	34	5	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
3-4	1990	05	05	07	21	2	Potentino	1375		5.77
4-5	2002	11	01	15	09	0	Molise	638	7	5.72
3	2005	05	21	19	55	1	Area Nolana	271	5	4.07

Tab.1: Catalogo dei terremoti più forti che hanno interessato il territorio comunale di Succivo

Categorie del suolo di fondazione

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, deve essere valutata l'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie, mediante studi specifici di risposta sismica locale. In mancanza di tali studi si può utilizzare la classificazione dei terreni descritta in seguito (Tabella n.2). La classificazione deve riguardare i terreni compresi tra il piano di imposta delle opere ed un substrato rigido di riferimento (bedrock) ovvero quelli presenti ad una profondità commisurata all'estensione ed all'importanza dell'opera. Sulla base di quanto riportato nel Testo Unico – Norme tecniche per le costruzioni, i terreni possono essere classificati sulla base del valore di Vs (velocità media delle onde sismiche di taglio). In base a tal grandezza, si identificano le seguenti categorie del suolo di fondazione:

CATEGORIA	DESCRIZIONE
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di Vs30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori equivalenti compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> , 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	<i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 m/s e 180 m/s.
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie CoD</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Tab. 2 – Categorie di sottosuolo (da tab. 3.2.II del D.M. 17/01/18 delle NTC)

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 indica lo spessore dello strato i -esimo, $V_{S,i}$ indica la velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato, N indica il numero degli strati, H è 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 le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro V_{S30} , ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Nel caso specifico per l'individuazione della categoria di sottosuolo e del parametro $V_{S,eq}$ è stata considerata la formula ponendo $H = 30$ m, poiché la profondità H del substrato è superiore ai 30 m.

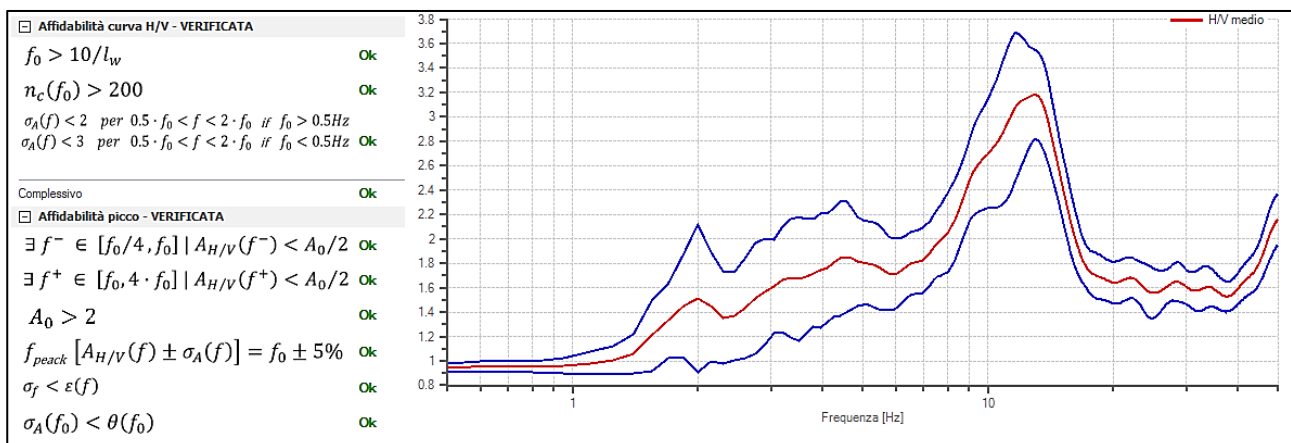
A tal proposito sono state eseguite: un'indagine sismica con tecnica M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves) basata sull'analisi spettrale delle onde sismiche superficiali (onde Rayleigh) e un'indagine sismica in foro DOWN-HOLE utile nel misurare i tempi di arrivo del primo impulso ai geofoni attraverso un'energizzazione in superficie e la misura in foro, al fine di determinare la velocità dei litotipi riscontrati nella perforazione. Il modello ottenuto dall'elaborazione delle prove effettuate individua un range di valori $V_{S,eq}$ pari a **412/471 m/s**, calcolato dal

p.c., al quale corrisponde una categoria di suolo sismico di tipo **B** così come indicato nell'allegato "Indagini Geognostiche" ove vengono riportati i risultati ottenuti con tale indagini

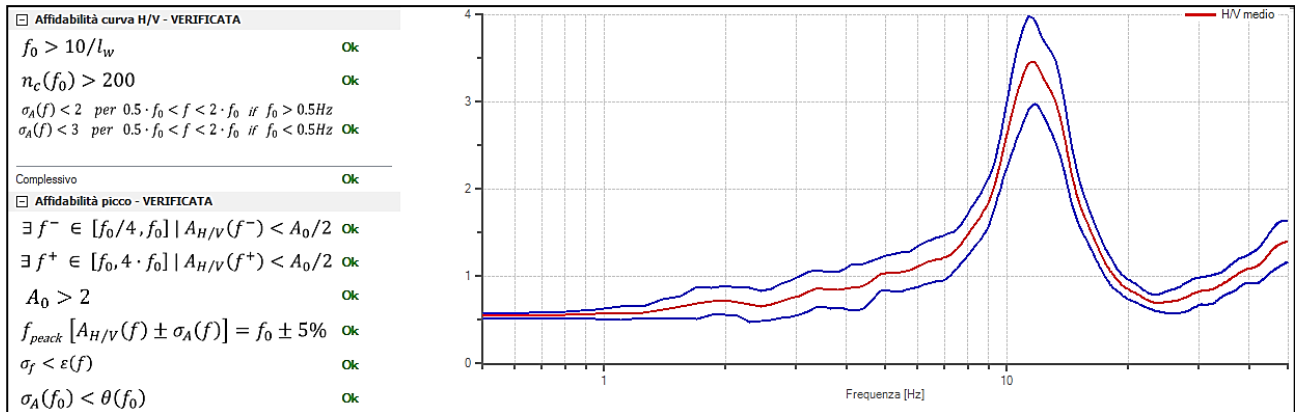
Inoltre, sono state realizzate n.3 indagini sismiche passive H/V (rapporto tra la media degli spettri di ampiezza delle componenti orizzontali H e delle componenti verticali V) che mostrano dei picchi in corrispondenza della frequenza fondamentale di risonanza dei terreni di copertura F_0 .

Le indagini sismiche di microtremori, in particolare la valutazione sperimentale dei rapporti di ampiezza spettrale fra le componenti orizzontali (H) e la componente verticale (V) delle vibrazioni ambientali sulla superficie acquisite, sono state effettuate con una frequenza di campionamento di 128 Hz ed una finestra temporale di 20 minuti non inferiore alle indicazioni del progetto SESAME. Dall'analisi degli spettri (riportate negli allegati) è possibile notare come l'andamento della funzione H/V mostri diversi picchi, tutti accennati:

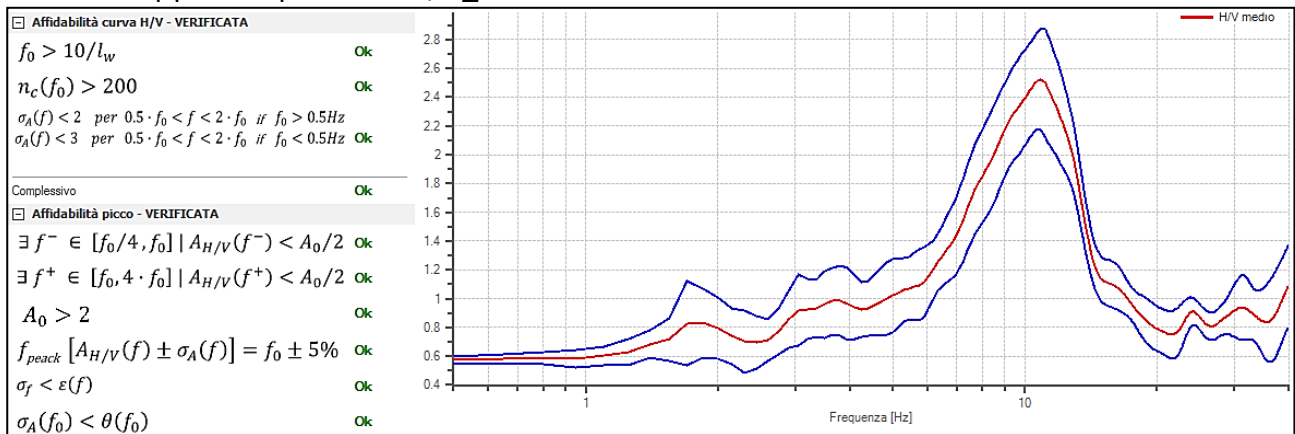
Prove effettuate	Frequenza del picco del rapporto H/V
H/V 1	12.95 ± 12 Hz
H/V 2	11.60 ± 14 Hz
H/V 3	10.85 ± 14 Hz



Rapporto spettrale H/V_1 e suo intervallo di fiducia verifiche SESAME



Rapporto spettrale H/V_2 e suo intervallo di fiducia e verifiche SESAME



Rapporto spettrale H/V_3 e suo intervallo di fiducia e verifiche SESAME

L'interpretazione dei dati consente di correlare i picchi (tra 10 e 13 Hz) al cambio litologico tra i terreni piroclastici sciolti al di sopra del banco Tufaceo (vedi Stratigrafia e Sezioni) presente nel sottosuolo dell'area in esame e posti ad una profondità di circa 7-15 metri. Anche se tali picchi sono ben evidenti, non rappresentano il contatto tra copertura e bedrock, tuttavia anche se non ben pronunciati, si individuano delle discontinuità sismiche localizzate alle medie frequenze (1.85-2.00 Hz) associabili alla frequenza fondamentale di risonanza del sito (contatto copertura-bedrock sismico); tale bedrock sismico, caratterizzato sempre da $V_s > 800$ m/s, si localizza ad una profondità di circa 60-70 metri dal p.c. L'indagine sismica MASW effettuata in sito non mostra presenza di sismostrati nei primi 30 m con V_s associabili a bedrock sismico. Pertanto, la profondità del substrato sismico a circa 60-70 m di profondità è stata confermata dalla consultazione di indagini/perforazioni profonde bibliografiche (ISPRA).

Tali indagini sono effettuate dalla società GEOVIEW SRL con sede legale in Corso Mazzini 165, 84013 Cava De Tirreni (SA).

8.2 Parametri sismici

Si procede ora alla determinazione dei parametri sismici funzionali alla verifica degli stati limite. Nella Tabella n.3 seguente vengono riassunti i dati di ingresso legati alla tipologia costruttiva dell'opera in progetto

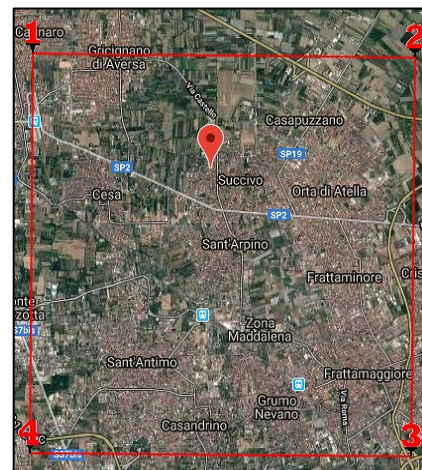
TIPO DI COSTRUZIONE	2
VITA NOMINALE V_N	≥ 50 anni
CLASSE D'USO	II
COEFFICIENTE D'USO C_U	1.0
VITA O PERIODO DI RIFERIMENTO $V_r = V_N \times C_u$	≥ 50

Tab.3 – Dati dell'opera in progetto

Partendo da questi dati, dalle valutazioni legate alle caratteristiche stratigrafiche e morfologiche dell'area in oggetto che portano alla determinazione del fattore riduttivo S , una volta definiti i nodi del reticolo sismico di riferimento, si arriva alla definizione dei parametri sismici di seguito riportati:

Sito in esame:

Latitudine: 40.967339°
 Longitudine: 14.248818°
 Classe: 2
 Vita nominale: 50



Siti di riferimento:

Sito 1	ID: 32534	Lat: 40,9827	Lon: 14,2188	Distanza: 3044,181
Sito 2	ID: 32535	Lat: 40,9822	Lon: 14,2850	Distanza: 3338,890
Sito 3	ID: 32757	Lat: 40,9322	Lon: 14,2844	Distanza: 4959,400
Sito 4	ID: 32756	Lat: 40,9327	Lon: 14,2182	Distanza: 4767,807

Categoria sottosuolo: B
 Categoria topografica: T1
 Periodo di riferimento: 50 anni
 Coefficiente cu: 1.0

	U.M.	Operatività (SLO)	Danno (SLD)	Salvaguardia della vita (SLV)	Prevenzione dal collasso (SLC)
Probabilità di superamento	%	81	63	10	5
Tr	anni	30	50	475	975
ag	g	0,044	0,056	0,144	0,183
Fo	[-]	2,369	2,357	2,439	2,464
Tc*	s	0,285	0,317	0,365	0,380

Coefficienti Sismici:

	Ss	Cc	St	Kh	Kv	Amax	Beta
SLO	1,200	1,410	1,000	0,011	0,005	0,515	0,200
SLD	1,200	1,380	1,000	0,014	0,007	0,665	0,200
SLV	1,200	1,350	1,000	0,041	0,021	1,693	0,240
SLC	1,200	1,330	1,000	0,053	0,026	2.150	0,240

I Dati sono stati ricavati attraverso l'utilizzo del Programma Geostru PS (aggiornamento NTC 2018)

8.3 Fattori di amplificazione (FA e FV)

La procedura che segue, per il calcolo dei fattori di amplificazione (FA ed FV):

- FA, a basso periodo (determinato intorno al periodo proprio per il quale si ha il massimo della risposta in accelerazione);
- FV, a periodo proprio (per il quale si ha la massima risposta in pseudovelocità).

è un approccio di tipo quantitativo che fornisce una stima della risposta sismica locale in termini di fattori di amplificazione. La procedura è valida per le modificazioni del moto sismico indotte dalle specifiche caratteristiche litostratigrafiche locali e non tiene conto degli effetti topografici, degli effetti 2D e di eventuali aggravii del moto dovuti a deformazioni permanenti.

Verranno utilizzati degli abachi per un assetto geologico e geotecnico assimilabile a un modello fisico monodimensionale con sismostrati orizzontali, paralleli, continui, di estensione infinita, omogenei a comportamento viscoelastico. Ogni strato è caratterizzato da uno spessore, da una densità e da una velocità di taglio, poggianti sul basamento sismico (bedrock) con velocità delle onde di taglio fissata sempre uguale o maggiore di 800 m/s.

Gli abachi di riferimento sono suddivisi in base ad un livello energetico (0.06 g-0.18g-0.26g) associato a varie tipologie di terreno (argilla, sabbia, ghiaia), allo spessore della copertura al di sopra del bedrock e al profilo di velocità ottenuto sulla base delle conoscenze delle indagini effettuate.

La scelta del tipo di profilo va fatta sulla base delle conoscenze specifiche: in generale quando lo spessore di sottosuolo diventa considerevole (diverse decine di metri), è poco probabile che il profilo di velocità si mantenga costante, ed è quindi preferibile orientarsi verso dei profili variabili linearmente con pendenza intermedia.

I fattori FA e FV saranno calcolati a partire dai risultati delle analisi delle indagini effettuate in situ (dirette e indirette), da indagini bibliografiche, dalla stima dei parametri sismici (pericolosità sismica di base) e dalle valutazioni legate alle caratteristiche stratigrafiche e morfologiche dell'area.

Gli input per il calcolo dei fattori di amplificazione sono di seguito riportati:

PARAMETRI CONSIDERATI	
Stato limite utilizzato	SLV
ag	0.144g
Coefficiente sismico Ss	1.200
Coefficiente sismico St	1.000

Vs	circa 500 m/s
H	60/70 m
agmax	0.1728
Profilo di velocità	Lineare pendenza intermedia
Tipologia di terreno prevalente	Sabbia

Considerando i dati sopra riportati e applicando la metodologia di calcolo per l'individuazione dei Fattori di amplificazione si ha:

FA	1.16
FV	1.49

9. VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE

Il fenomeno liquefazione si manifesta sotto l'azione di carichi ciclici come quelli indotti da un sisma, quando la pressione dell'acqua nei pori aumenta progressivamente fino ad eguagliare la pressione totale di confinamento, cioè quando gli sforzi efficaci da cui dipende la resistenza al taglio si riducono a zero. Deve pertanto essere verificata la suscettibilità alla liquefazione nei casi in cui la falda freatica si trova in prossimità della superficie ed il terreno di fondazione comprende strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda, anche se contenenti una modesta frazione fine limo argillosa. La possibilità del verificarsi di fenomeni di liquefazione nel terreno di fondazione, con conseguente perdita di capacità portante, è legata appunto alla presenza di terreni sabbiosi monogranulari saturi (sotto falda) di bassa densità relativa (sciolti). Inoltre, l'entità è direttamente correlabile all'omogeneità granulometrica e decresce all'aumentare sia della frazione fine, annullandosi sia alla presenza di argille che di ghiaie e ciottolami.

Le indagini condotte nell'area in esame e dalla consultazione di dati bibliografici, hanno permesso di riconoscere, al di sotto del potenziale piano di posa dell'opera, una falda freatica la cui soggiacenza si attesta ad una quota di circa -16.50 metri.

Pertanto, considerando quanto indicato nel paragrafo 7.11.3.4 del D.M. 17/01/2018, 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 $qc_{1N} > 180$ 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 qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;

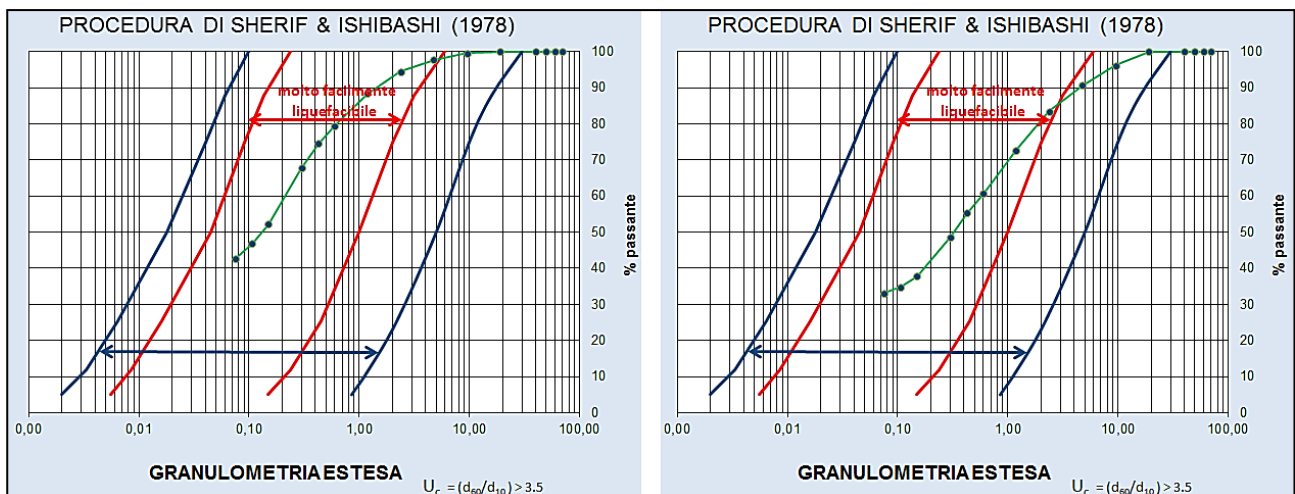
4. Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e $U_c > 3,5$.

Considerando una risalita di circa 2.00 metri della falda, quindi a -14.50 m dal p.c., si effettua in via cautelativa la verifica.

Dall'analisi granulometrica dei Campioni indisturbati prelevati (C1 e C2) e inoltre, considerando che la probabilità che un deposito raggiunga le condizioni per la liquefazione dipende, oltre che da parametri come età del deposito e sollecitazioni sismiche, anche dallo stato di addensamento e dalla composizione granulometrica; generalmente risultano maggiormente suscettibili alla liquefazione i terreni monogranulari, aventi dimensioni comprese tra 1 mm e 0.01 mm, bassa densità relativa e bassa resistenza penetrometrica.

Nel caso specifico, si può verificare che, dai sondaggi effettuati nell'area di studio e dall'analisi della curva granulometrica effettuata su i due campioni indisturbati, prelevati nel foro di sondaggio alla profondità di -2.50/3.00 m e -6.20/6.70 m dal p.c., i terreni sono principalmente sabbioso-limosi con ghiaia.

Nell'immagine sottostante è possibile verificare come, in rapporto alla zona indicata dalla normativa vigente, la distribuzione granulometrica ricavata ricada per la maggior parte all'interno di tale area indicando una possibilità di liquefazione nel caso in cui, la falda sia presente a tali profondità:



Applicando il metodo tabellare proposto da Youd e Perkins 1978, basato sull'età del deposito e tipologia di deposizione, si ricava che per i depositi sabbioso-limosi analizzati la suscettibilità alla liquefazione risulti essere bassa (poco probabile):

TIPOLOGIA DEL DEPOSITO	ETA' DEL DEPOSITO			
	< 500 anni	Olocene	Pleistocene	Pre-Pleistocene
Depositi Continentali				
Canali fluviali	Molto Alta	Alta	Bassa	Molto Bassa
Pianure di esondazione	Alta	Moderata	Bassa	Molto Bassa
Pianure e conoidi alluvionali	Moderata	Bassa	Bassa	Molto Bassa
Spianate e terrazzi marini	---	Bassa	Molto Bassa	Molto Bassa
Deltaici	Alta	Moderata	Bassa	Molto Bassa
Lacustri	Alta	Moderata	Bassa	Molto Bassa
Colluvioni	Alta	Moderata	Bassa	Molto Bassa
Scarpate	Bassa	Bassa	Molto Bassa	Molto Bassa
Dune	Alta	Moderata	Bassa	Molto Bassa
Loess	Alta	Alta	Alta	Molto Bassa
Glaciali	Bassa	Bassa	Molto Bassa	Molto Bassa
Tufi	Bassa	Bassa	Molto Bassa	Molto Bassa
Tephra	Alta	Alta	Sconosciuta	Sconosciuta
Terreni residuali	Bassa	Bassa	Molto Bassa	Molto Bassa
Sebkha	Alta	Moderata	Bassa	Molto Bassa
Zone Costiere				
Deltaici	Molto Alta	Alta	Bassa	Molto Bassa
Di estuario	Alta	Moderata	Bassa	Molto Bassa
Di spiaggia con elevata energia delle onde	Moderata	Bassa	Molto Bassa	Molto Bassa
Di spiaggia con bassa energia delle onde	Alta	Moderata	Bassa	Molto Bassa
Lagunari	Alta	Moderata	Bassa	Molto Bassa
Litorali	Alta	Moderata	Bassa	Molto Bassa
Riempimenti Artificiali				
Non compattati	Molto Alta	---	---	---
Compattati	Bassa	---	---	---

Considerando la profondità della falda (-14.50 m dal p.c.) è possibile applicare, inoltre, il metodo proposto da Youl et. Al., 1979; nella quale si evince che il deposito risulta suscettibile alla liquefazione con una probabilità Debole:

UNITA' STRATIGRAFICA	PROFONDITA' DELLA FALDA		
	< 9 m	9-15 m	> 15 m
<i>Olocene recente</i>	Forte	Debole	Molto Debole
<i>Altro Olocene</i>	Moderata	Debole	Molto Debole
<i>Pleistocene recente</i>	Debole	Debole	Molto Debole
<i>Pleistocene antico e depositi anteriori</i>	Molto Debole	Molto Debole	Molto Debole

L'utilizzo di tali metodi Tabellari, sono intesi come aumento dell'attendibilità della valutazione alla liquefazione.

Partendo da tali metodi si è poi proceduti ad un'analisi più approfondita tramite l'utilizzo di metodi semplificati.

Si è proceduti alla valutazione del potenziale di liquefazione attraverso l'utilizzo di metodi basati sulla valutazione delle sollecitazioni di taglio e di deformazione ciclica e attraverso metodi empirici basati sulla magnitudo del sisma (eventi storici):

La resistenza che un deposito sabbioso oppone alla liquefazione viene definita attraverso il fattore di sicurezza:

$$F_s = \frac{CRR}{CSR}$$

dove:

FS = fattore di sicurezza (D.M. 14/01/2008 $F_s = CRR/CSR \geq 1,25$)

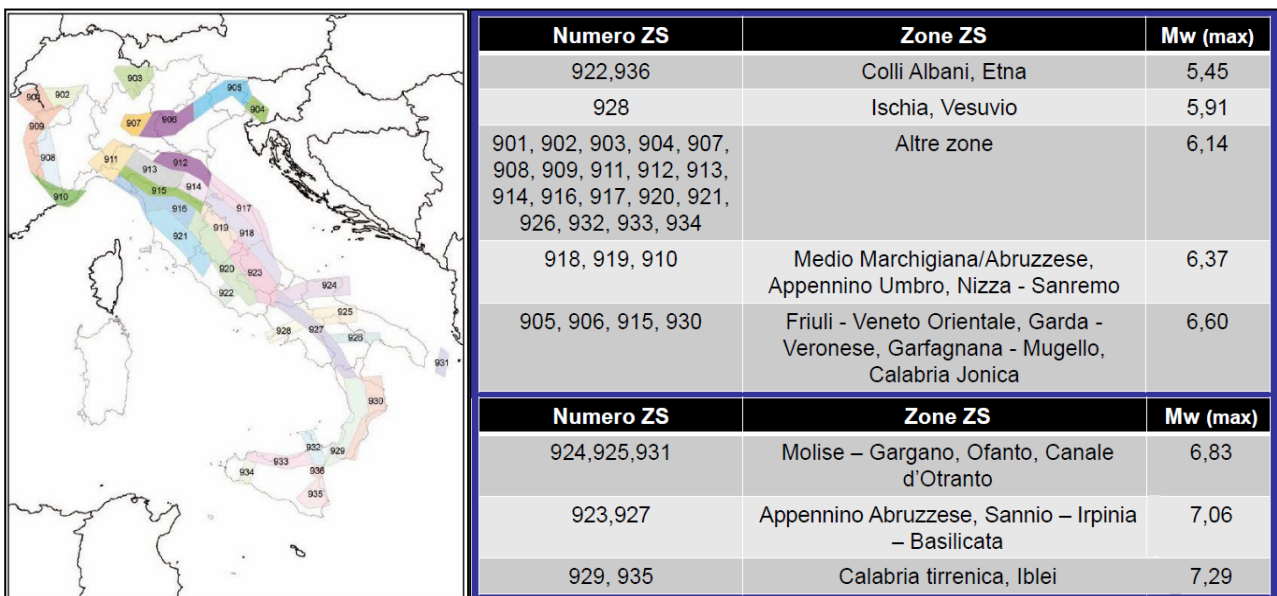
CRR = capacità di resistenza alla liquefazione

CSR = tensione tangenziale ciclica

Il metodo adottato è funzione delle indagini, in particolare, della prova sismica effettuata in sito con la tecnica MASW, basata sulla determinazione della resistenza al taglio mobilitata (CRR) partendo dalla stima della velocità delle onde di taglio (V_s) e considerando per ognuno dei sismostrati individuati i seguenti parametri: peso di volume medio (γ) - profondità della prova (z) (ossia profondità del sismostrato) - profondità della falda - velocità media delle onde S (V_s) - parametro funzione della percentuale di frazione fine (FC%) - magnitudo del sito (M_w) - accelerazione orizzontale massima in superficie (a_{max}/g).

Poiché le misure delle velocità delle onde di taglio (V_s) possono essere eseguite con diverse tecniche, i valori di velocità devono essere normalizzati (V_s in V_{s1} = corretta per la tensione verticale). Il valore di V_{s1} deve poi essere corretto per la presenza o meno della frazione fine (FC).

Per la valutazione della Magnitudo non vi sono specifici riferimenti nella Normativa Vigente. Per la sua stima è però possibile ricorrere a quanto contenuto nelle Linee Guida del Gruppo di lavoro MS 2008 (paragrafo 2.8.2), “Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica” – Conferenza delle Regioni e delle Provincie Autonome, Dipartimento della protezione civile, facendo riferimento alla zonazione sismogenetica ZS9 che suddivide il territorio italiano in 36 zone ad elevata sismicità.



Gruppo di Lavoro MS,2008, Indirizzi e Criteri per la microzonazione sismica, Conferenza delle Regioni e delle Provincie Autonome, Dipartimento Protezione Civile, Roma

Oppure dalla consultazione del database dell'INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia – dati di disaggregazione) che consente di calcolare il terremoto di scenario sulla base della mappa della pericolosità sismica del territorio Italiano, associato allo stato limite analizzato. Più in particolare si tratta di sommare i contributi dovuti alle singole coppie magnitudo-distanza degli epicentri ricadenti all'interno di un'area di riferimento allo scopo di individuare, con una procedura di tipo probabilistico, l'evento sismico dominante e, da questo definire i valori di a_{max} Mw e R (distanza dal sito indagato) in funzione dello stato limite per la progettazione.

La verifica è stata eseguita ipotizzando valori di un probabile evento sismico, di Magnitudo di 6.0.

Di seguito sono riportati i Parametri considerati ed i risultati ottenuti, ottenuti rispetto allo Stato Limite di Salvaguardia:

	Parametri utilizzati
Coordinate sito	40,967339° - 14,248818°
Mw	6.0
Categoria sottosuolo	B
R (km)	25.6
amax (SLV)	0.1728 g
Dati Disaggregazione	M compresa tra 4.0 e 7.5
Dati Disaggregazione	R compresa tra 0.0 km e 70 km

Il metodo di Andrus e Stokoe' è basato sulle misure provenienti da prove sismiche a rifrazione, (Vs). La velocità delle onde di taglio viene corretta dalla sovrappressione, usando l'equazione (Robertson et alii, 1992):

$$V_{S1} = V_s \left(\frac{Pa}{\sigma'_{vo}} \right)^{0.25}$$

dove

VS1 velocità delle onde di taglio corretta dalla sovrappressione;

VS velocità delle onde di taglio misurate in situ;

Pa pressione atmosferica (circa 100 kPa);

σ'_{vo} pressione effettiva iniziale nelle stesse unità di misura della Pa.

Per il calcolo della resistenza alla liquefazione, Andrus e Stokoe hanno proposto la seguente relazione:

$$CRR = 0,03 \left(\frac{V_{S1}}{100} \right)^2 + 0,9 \left[\frac{1}{(V_{S1})_{cs} - V_{S1}} - \frac{1}{(V_{S1})_{cs}} \right]$$

dove la presenza di fini FC (%) interviene nel modello di calcolo tramite le seguenti indicazioni:

(VS1)CS = 220	per FC ≤ 5%
220 < (VS1)CS ≤ 200	per 5% < FC ≤ 35%
(VS1)CS = 200	per FC > 35%

Il Rapporto di Tensione Ciclica per eventi sismici di magnitudo 7,5 (CSR_{7,5}) si determina dalla seguente espressione:

$$\frac{\tau_{av}}{\sigma'_{vo}} = CSR_{7,5} = 0,65 \frac{a_{max}}{g} \frac{\sigma'_{vo}}{\sigma'_{vo}} r_d$$

dove a_{max} rappresenta l'accelerazione orizzontale massima attesa in superficie contenente gli effetti amplificativi di sito. Utilizzando le raccomandazioni del NCEER, per magnitudo diverse occorre introdurre il fattore correttivo MSF (Magnitudo Scaling Factor) (tab.6)

$$CSR = \frac{CSR_{7,5}}{MSF}$$

Magnitudo	Seed H.B. & Idriss I.M. (1982)	Ambraseys N.N (1988).	NCEER (Seed R. B. et alii) (1997; 2003)
5,5	1,43	2,86	2,21
6,0	1,32	2,20	1,77
6,5	1,19	1,69	1,44
7,0	1,08	1,30	1,19
7,5	1,00	1,00	1,00
8,0	0,94	0,67	0,84
8,5	0,89	0,44	0,73

Tabella 6- Fattore di scala della magnitudo derivato da diversi ricercatori

Per determinare il valore del coefficiente riduttivo r_d vengono utilizzate le formule raccomandate da un gruppo di esperti del NCEER (National Center for Earthquake Engineering Research):

per $z < 9,15$ m

$$r_d = 1,0 - 0,00765 z$$

per $9,15 \leq z < 23$ m

$$r_d = 1,174 - 0,00267 z$$

Il fattore di sicurezza alla liquefazione FS viene determinato dalla relazione:

$$FS = \frac{CRR}{CSR}$$

mentre l'indice e il rischio di liquefazione vengono calcolati con il metodo di Iwasaki et alii (1978; 1984).

DATI GENERALI

Normativa: Norme Tecniche Costruzioni, DM 17/01/2018

Fattore sicurezza normativa: 1.25

Profondità falda idrica: -14.50 m dal p.c.

Accelerazione bedrock SLV: 0.144

Tipo Suolo: B

Morfologia: T1 < 2%

Coefficiente amplificazione stratigrafica SLV (SS): 1.20

Coefficiente amplificazione topografica SLV (ST): 1.00

Magnitudo momento sismico (M_w): 6.0

Distanza epicentro: 25.6 km

Peak ground acceleration SLV (PGA): 0.173

PARAMETRI GEOTECNICI SLV

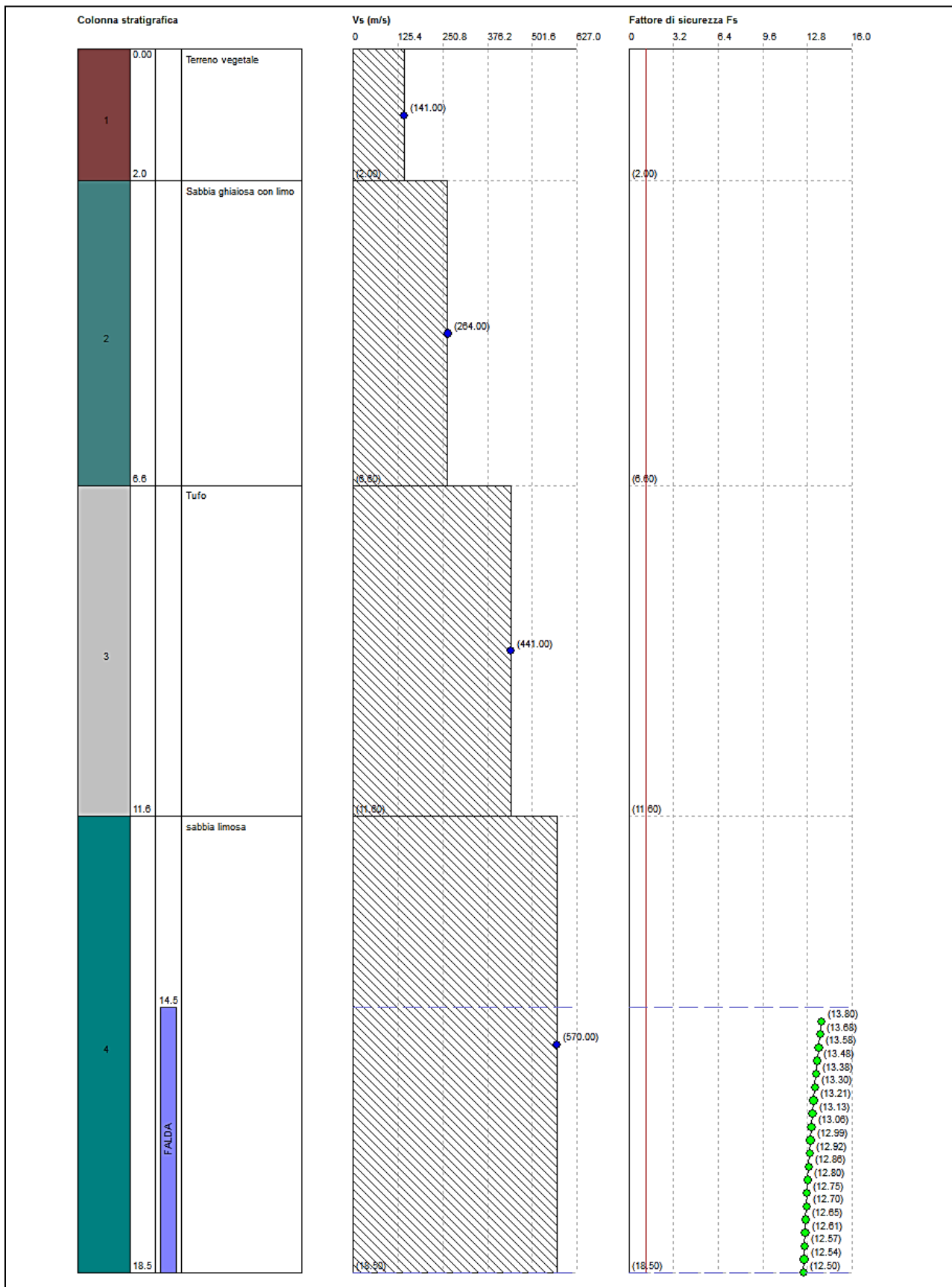
Strato	Descrizione	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Y (kN/m ³)	Y saturo (kN/m ³)	Vs (m/s)
1	Terreno vegetale	0.00	2.00	12.00	16	141
2	Sabbia ghiaiosa con limo	2.00	6.6	12.00	18	264
3	Tufo	6.60	11.60	14.00	19	441
4	Sabbia limosa	11.60	18.50	15.00	20	570

Correzione per la magnitudo (MSF): 1.77

Prof. (m)	P lito. totale (kPa)	P vert. Effet. (kPa)	Vs1 (m/s)	(Vs1c) (m/s)	(rd)	(CRR)	(CSR)	Fs	Suscettibilità liquefazione	IP	Rischio
14.70	196.7	194.7	482.5	210.0	0.782	0.691	0.050	13.8	non suscettibile	0.00	Molto basso
15.10	204.7	198.8	480.0	210.0	0.771	0.684	0.050	13.6	non suscettibile	0.00	Molto basso
15.50	212.7	202.8	477.5	210.0	0.760	0.677	0.051	13.4	non suscettibile	0.00	Molto basso
16.10	224.7	209.0	474.0	210.0	0.744	0.667	0.051	13.1	non suscettibile	0.00	Molto basso
16.50	232.7	213.0	471.7	210.0	0.733	0.660	0.051	12.9	non suscettibile	0.00	Molto basso
17.10	244.7	219.2	468.4	210.0	0.717	0.651	0.051	12.8	non suscettibile	0.00	Molto basso
17.50	252.7	223.2	466.2	210.0	0.707	0.645	0.051	12.7	non suscettibile	0.00	Molto basso
18.50	272.7	233.4	461.1	210.0	0.680	0.630	0.050	12.5	non suscettibile	0.00	Molto basso

IPL (Iwasaki) = 0.0 Zcrit = 20 m Rischio = molto basso

Studio di Geologia Applicata e Ambientale



Dall'analisi effettuate e dai risultati ottenuti ai fini della valutazione della suscettibilità alla Liquefazione non si evidenziano instabilità nel sito oggetto di studio.

10. CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA

Per la caratterizzazione di massima dei terreni di imposta, per l'ampliamento della volumetria esistente, sono state prese in considerazione 4 Prova Penetrometrica Super Pesante (DPSH) e 4 Prove Penetrometriche Standard (SPT)) mediante l'utilizzo di un penetrometro GeoDeepDrill modello DPSH73SM montato su cingoli di gomma ed avente le seguenti caratteristiche, ed avente le seguenti caratteristiche dalla società GEOVIEW SRL con sede legale in Corso Mazzini 165, 84013 Cava De Tirreni (SA) (all. Indagini Geognostiche).

Le prove DPSH sono state spinte fino alla profondità di rifiuto di seguito riportata:

Prova (N°)	Profondità (m)	Coordinate Geografiche
DPSH 1	12.60	40°58'2.59"-14°14'58.04"
DPSH 2	7.40	40°58'9.96"-14°14'52.29"
DPSH 3	7.20	40°58'6.31"-14°14'50.95"
DPSH 4	11.80	40°58'4.39"-14°14'54.69"

Le prove SPT sono state eseguite alle seguenti profondità:

Prova (N°)	Profondità (m)	Coordinate Geografiche
SPT 1	3.15-3.30-3.45	40°58'1.92"- 14°14'56.78"
SPT 2	11.65-11.80-11.95	40°58'1.92"- 14°14'56.78"
SPT 3	5.65-5.80-5.95	40°58'4.60"- 14°14'52.65"
SPT 4	13.85-14.00-14.15	40°58'4.60"- 14°14'52.65"

I parametri geotecnici dei terreni e gli spessori dei singoli livelli riportati nella Tabella n.8, sono stati ricavati utilizzando i valori minimi del numero di colpi N C.P.T., registrati durante l'esecuzione delle prove penetrometriche, i quali sono stati convertiti in valori relativi a prove del tipo N S.P.T.. Tali valori di NSPT medi, riportati nel modello geotecnico, sono stati arrotondati in base alla valutazione del numero di colpi per il coefficiente di correlazione risultante per ogni singolo strato.

Di seguito sono riportate delle tabelle indicative che correlano il numero di colpi di N S.P.T. al grado di addensamento, alla densità relativa, all'angolo di attrito interno dei terreni sabbiosi.

DEFINIZIONE <i>Terzaghi-Peck 1948</i>	S.P.T. $N_{S.P.T.}$	Densità relativa D_r	Angolo res. al taglio ϕ^* <i>(approssimato)</i>
Molto sciolto	5 ± 10	0 ± 15	$25^\circ \pm 30^\circ$
Sciolto	8 ± 15	35	$27^\circ \pm 32^\circ$
Medio	10 ± 40	65	$30^\circ \pm 35^\circ$
Denso	20 ± 70	85	$35^\circ \pm 40^\circ$
Molto denso	85	100	$38 \pm 43^\circ$

Tab.9 - Correlazione tra $N_{S.P.T.}$ e parametri geotecnici delle sabbie. Secondo Meyerhof (1956), usare valori maggiori di ϕ per terreni contenenti meno del 5% di fini o percentuali inferiori di sabbie e silt

Sono stati, inoltre, effettuati 2 prelievi di Campioni indisturbati a diverse profondità, al fine di caratterizzare le principali litologie incontrate nella stratigrafia di sondaggio (all. Indagini Geognostiche).

Campione (N°)	Profondità (m)	Descrizione granulometrica
1	2.50-3.00	Limi e sabbie poco addensate
2	6.20-6.70	Limi e sabbie ghiaiose

11. CARTA GEOLOGICO-TECNICA E SEZIONI GEOLOGICHE

La Carta Geologico-tecnica in scala 1:1000 dell'area in esame è il frutto dall'analisi dei dati geognostici effettuati e da quelli reperiti.

In essa sono stati indicati:

- i terreni di copertura
- gli elementi geologici e idrogeologici

Il substrato geologico non è stato rilevato, pertanto non riportato in carta. Inoltre, nell'area in esame non sono presenti elementi tettonico-strutturali, instabilità di versante e forme di superficie e sepolte. Si tratta, pertanto di un'area omogenea. Sono state redatte le sezioni geologiche significative in scala 1:500 che hanno consentito di ricostruire il modello geologico del sottosuolo.

12. CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA

La Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica di livelli 1 (MOPS) risulta essere l'elaborato di sintesi dell'insieme dei dati raccolti per questo studio. Elaborata a valle di tutte le altre carte tematiche, rappresenta la valutazione della pericolosità sismica locale attraverso l'individuazione del territorio caratterizzato da comportamento sismico omogeneo. In sostanza la Carta delle MOPS individua e caratterizza le zone stabili, le zone suscettibili di amplificazione locale del moto sismico e di attenzione poiché potenzialmente suscettibili di instabilità.

Per la stesura di tale carta, sono stati messi a confronto i dati di letteratura, le indagini a disposizione realizzate nell'area in esame e al contorno, quelle eseguite ex-novo e i dati riscontrati durante il rilevamento effettuato sul terreno.

Dall'analisi dei dati la nostra area risulta omogenea, ovvero priva di elementi tettonico-strutturale, instabilità di versante e forme di superficie e sepolte.

Pertanto, il risultato dello studio di MS di livello 1 effettuato sul territorio in esame ha portato alla definizione di una tipologia di zona omogenea:

- zone stabili suscettibili di amplificazione locale, definita dagli ICMS come: aree nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico, con effetto dell'assetto strutturale litostratigrafico e morfologico locale (superficiale e sepolto); codificate sulla base

della successione litostratigrafica rappresentativa e/o sella pendenza del rilievo (pendenze superiori ai 15°). Tali zone sono caratterizzate dall'affioramento di terreni di copertura o del substrato alterato o intensamente fratturato con $V_s < 800$ m/sec). Gli spessori dei terreni di copertura devono essere superiori a 3 m.

12. CONCLUSIONI

La presente relazione geologico – tecnica è stata redatta a supporto del progetto di un piano di lottizzazione su un terreno sito in Succivo (CE) alla Via Trivio del Castagno indicato in Catasto al foglio 5 particelle 25-26-27.

Tale studio è stato realizzato al fine di ricostruire un modello geologico - tecnico e caratterizzare l'area in prospettiva sismica sulla base dell'elaborazione di indagini geognostiche eseguite in situ.

Sono state quindi definite:

- I lineamenti geologici e geomorfologici dell'area e la successione stratigrafica
- Le caratteristiche geomeccaniche dei terreni presenti nell'area in esame
- Lo schema della circolazione idrica sotterranea e superficiale
- La valutazione del rischio sismico
- La verifica della suscettibilità alla liquefazione in accordo con quanto indicato nel D.M. del 17/01/2018.
- Le microzone omogenee in prospettiva sismica

La $V_{S,eq}$, riferita al p.c., risulta essere di 412 m/s (categ. di sottosuolo di tipo B).

Tanto si doveva per l'incarico ricevuto

IL GEOLOGO

Orta di Atella, lì 30/10/2018

Dott.ssa Mariagrazia D'Ambrosio

*Iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione
Campania con numero di riferimento 2701*