

COMUNE di BRUSCIANO

PROVINCIA di NAPOLI

STUDIO GEOLOGICO

(artt. 11, 12 e 14 L.R. n.9 del 07/01/1983, O.P.C.M. n.3274 del 20/03/2003 e D.M. 17/01/2018)

PROGETTO

Realizzazione di un P.U.A. di edilizia privata (C.E.R.7 - Via G. Saragat)

RELAZIONE GEOLOGICA

ELABORATO 11

D.01

DATA

20 aprile 2020

REVISIONE

0

COMMITTENTE

Sigg. Terracciano Antonio, Giacomo e Maria; sigg. Caliendo Salvatore & Maione Luigi. Ditta Dema Costruzioni s.r.l.

IL GEOLOGO

Dr. CARMINE NEGRI CERCIELLO



STUDIO di GEOLOGIA
Via G. Galilei n.16 – 80030 – MARIGLIANELLA (NA)
☎/Fax 081-8413658 Cell. 328-5463455
e-mail carmine.nc@libero.it **PEC** carmine.nc@pec.it
<https://www.carminenegricerciello.it>



INDICE

1. PREMESSA.....	3
2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE	5
3. LINEAMENTI GEOLOGICI, TETTONICI E GEOMORFOLOGICI.....	6
3.1 Geologia e Tettonica	
3.2 Geomorfologia	
4. IDROGRAFIA E IDROGEOLOGIA	11
5. INDAGINE E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	14
5.1 Indagini geognostiche, geofisiche e geotecniche disponibili	
5.2 Indagini geognostiche, geofisiche e geotecniche eseguite	
5.2.1 Sondaggi meccanici a carotaggio continuo	
5.2.2 Analisi di Laboratorio Geotecnico	
5.2.3 Prove penetrometriche dinamiche (D.P.S.H.)	
5.2.4 Prove sismiche con il metodo M.A.S.W.	
6. GEOLOGIA LOCALE	21
7. CONSIDERAZIONI SULLA STABILITA' DELL' AREA.....	23
8. RISCHIO VULCANICO	24
9. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI LITOTIPI.....	25
10. ZONAZIONE DEL TERRITORIO IN PROSPETTIVA SISMICA	29
10.1 Caratterizzazione sismica dei terreni	
10.2 Elementi di "Microzonazione Sismica"	
11. CONCLUSIONI.....	41

1. PREMESSA

Il D.M. 17.01.2018 **“Norme Tecniche per le Costruzioni”**, detto anche Testo Unico delle Costruzioni, definisce al capitolo 6.12 (Fattibilità di opere su grandi aree) *“i criteri di carattere geologico e geotecnico da adottare nell’elaborazione di piani urbanistici”*. Nel successivo paragrafo 6.12.1 (Indagini specifiche) stabilisce, in particolare, che *“gli studi geologici e la caratterizzazione geotecnica devono essere estesi a tutta la zona di possibile influenza degli interventi previsti, al fine di accertare destinazioni d’uso compatibile del territorio in esame”* ed aggiunge che tali indagini e studi *“devono caratterizzare la zona di interesse in termini di pericolosità geologica intrinseca, per processi geodinamici interni (sismicità, vulcanismo,...) ed esterni (stabilità dei pendii, erosione, subsidenza,...) e devono consentire di individuare gli eventuali limiti imposti al progetto di insieme di manufatti e interventi (ad esempio: modifiche del regime delle acque superficiali e sotterranee, subsidenza per emungimento di fluido dal sottosuolo,...)”*.

In ottemperanza alla normativa sopracitata, i sigg. **Maione Luigi, Caliendo Salvatore, Terracciano Antonio, Terracciano, Giacomo, Terracciano Maria** e la **DEMA Costruzioni S.r.l.** hanno conferito al sottoscritto l’incarico di effettuare uno studio geologico per il Piano di Attuazione dell’area di via G. Saragat inserita nel **C.E.R. 7**, identificata al N.C.T. dal foglio 4 particelle 21-2712-2751-2752-2753-2754-3577-3576 e dal foglio 3 P.IIa 141 del territorio comunale di Brusciano (NA), secondo quanto prescritto dalla L.R. n°09 del 07/01/1983 (artt. 11, 12 e 14) e succ. modifiche ed integrazioni, inerente gli strumenti urbanistici, nonché il D.M. 11/03/1988 e l’OPCM 3274/2003, recepito in buona parte dalle nuove norme tecniche (D.M. 17.01.2018).

L’indagine geologica, pertanto ha avuto l’obiettivo di:

- verificare l’esistenza di problemi stratigrafici, tettonici, neotettonici, idrogeologici che in qualche modo potessero essere pregiudizievoli per i manufatti da realizzare nonché per la destinazione d’uso dell’area;
- ricostruire le formazioni presenti, definire il modello geologico del sottosuolo e determinare zone omogenee per quanto riguarda il comportamento dei terreni in prospettiva sismica.

Per la redazione di tale studio, in via preliminare, vista l’estensione e l’ubicazione dell’area in esame, dopo un numero sufficiente di sopralluoghi, è stata esaminata la seguente documentazione preesistente:



- Cartografia geologica in scala adeguata (ISPRA e Progetto CARG);
- Studi di microzonazione sismica di livello 1 (2019)
- Studi geomorfologici, geologici, idrogeologici e relazioni specifiche, eseguiti dall'ex Autorità di Bacino Campania Centrale per la stesura del P.S.A.I. (2015);
- Studio geologico per la componente strutturale del PUC (2013).

Successivamente si è proceduto ad:

- un rilevamento geologico di superficie;
- un rilievo idrogeologico, attraverso il censimento di pozzi esistenti, con l'acquisizione dei dati del livello statico della falda;
- all'acquisizione di indagini geognostiche, geofisiche e geotecniche di laboratorio, realizzate per il PUC vigente nell'area circostante il lotto d'esame;
- una campagna di indagini geognostiche ad integrazione di quelle esistenti, finalizzata ad indagare la natura del sottosuolo, caratterizzazione geotecnica dei terreni e valutazione dei parametri litodinamici, per permettere di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi stratigrafici esistenti. Sono state realizzate:
 - ✓ n°2 **sondaggi a carotaggio continuo**, spinti fino a 30,00 mt di profondità;
 - ✓ n°2 prelievi di C.I. con relative **prove di laboratorio geotecnico**, caratteristiche generali (contenuto d'acqua, peso dell'unità di volume; ecc), granulometria; prove di taglio diretto e prove di compressione edometrica;
 - ✓ n°6 **prove penetrometriche dinamiche D.P.S.H.** condotte fino alla profondità di rifiuto strumentale;
 - ✓ n°2 **prove sismiche M.A.S.W.** condotte su profili di 50,00 mt.

Dopo aver espletato le varie fasi di cui sopra ed analizzato e interpretato i dati a disposizione, si è provveduto a redigere i seguenti elaborati previsti dalla normativa:

1. Carta Inquadramento Territoriale (G.01);
2. Carta Ubicazione Indagini Geognostiche (G.02);
3. Stralcio Carta Ubicazione Prove del PUC vigente (G.02B)
4. Carta Geolitologica (G.03);
5. Carta Geomorfologica e della Stabilità (G.04);
6. Carta Idrogeologica (G.05);
7. Carta della Zonizzazione in Prospettiva Sismica (G.06);
8. Sezioni Litostratigrafiche (G.07).

Infine svolgere la presente **"Relazione Geologica"** conclusiva (elaborato D.01) e ad integrazione dello studio i seguenti elaborati:

- ✓ **"Indagini geognostiche disponibili"** realizzate negli ultimi 30 anni su tutto il territorio comunale, con particolare riferimento all'area indagata (elaborato DG.01);
- ✓ **"Indagini geognostiche eseguite"** contenente la caratterizzazione stratigrafica, meccanica e sismica dei terreni indagati, attraverso l'elaborazione di parametri geotecnici e delle velocità delle onde S e P fino a 30 metri di profondità per la determinazione delle categorie di sottosuolo di fondazione (elaborato DG.02);
- ✓ **"Documentazione Fotografica"** (elaborato D.02).

Di seguito, nei vari capitoli della presente, nel dettaglio, verranno descritti i *caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, la pericolosità geologica del territorio*, allo scopo di definire il modello geologico, di un intorno significativo dell'area da lottizzare.

La carta di base utilizzata è stata estratta dalla Carta Tecnica Regionale in scala 1:5000 della Regione Campania (2011).

Lo scrivente ha, inoltre utilizzato dati e notizie assunti da ricerche bibliografiche e di archivio.

2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il territorio comunale di **Brusciano** sito nel distretto provinciale di Napoli, è cartografato nel Foglio 448 sez. IV POMIGLIANO D'ARCO della Carta Topografica d'Italia I.G.M. in scala 1:25000 e nel Foglio 184 "NAPOLI" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100000. Nel progetto CARG l'intero comparto è riportato nel foglio 448 ERCOLANO in scala 1:50000 in allestimento per la stampa.

I suoi confini amministrativi sono definiti:

- a Nord dal Comune di Acerra;
- a Ovest dal Comune di Castello di Cisterna;
- Ad Est dai comuni di Marigliano e Mariglianella;
- A Sud dal comune di Somma Vesuviana.

L'estensione comunale è di 5,62 Km², la sua quota altimetrica media è 27 m s.l.m.

Il territorio comunale ricade nel bacino idrografico dei Regi Lagni, rientrando nelle competenze della Autorità Distrettuale dell'Appennino Meridionale.

L'area in esame si trova (elaborato G.01) ad una quota di circa 26-27 mt s.l.m. nel settore centro-orientale. Nello strumento urbanistico vigente, ovviamente, l'area rientra in una zona C "di espansione" definita come Comparto Edilizio Residenziale ossia parti del territorio destinate a nuovi complessi insediativi residenziali o a prevalente destinazione residenziale, che risultino inedificate o nelle quali l'edificazione preesistente non raggiunga i limiti di cui alla zona omogenea B.

3. LINEAMENTI GEOLOGICI, TETTONICI E GEOMORFOLOGICI

3.1 Geologia e Tettonica

L'area, all'interno della quale ricade il presente studio, si sviluppa nel settore orientale della Piana Campana, a Nord-Est di Napoli, compresa tra il rilievo vulcanico del Somma-Vesuvio a Sud e le dorsali carbonatiche dei Monti di Avella-Fellino a Nord e dei Monti di Lauro e Sarno a Est.

La Piana Campana rappresenta un'enorme depressione strutturale (graben) che nel corso degli ultimi due milioni di anni è stata colmata dall'apporto di materiale piroclastico, alluvionale e sabbio-argilloso di origine marina. La sua origine è messa in relazione con l'insorgere di una tettonica distensiva tra la catena degli Appennini ed il bacino tirrenico che si accompagna alla migrazione della stessa catena verso l'avampaese adriatico. La Piana Campana è a contatto con i rilievi carbonatici adiacenti, rappresentati a NO da Monte Massico, a NE dalla dorsale dei Monti di Caserta e del Partenio, dai margini occidentali dei M. Picentini e dai M. Lattari a SE, mediante un sistema di faglie a direzione prevalentemente NO-SE con rigetti di diverse centinaia di metri (Fig.1).

Perforazioni profonde ed indagini geofisiche eseguite nell'ambito di una ricerca geotermica nell'Italia Meridionale hanno messo in evidenza che:

- le faglie dirette a gradinata hanno fatto sprofondare i calcari e le loro coperture cenozoiche di diverse centinaia di metri già a breve distanza dei rilievi carbonatici;
- il substrato calcareo nella piana appare dislocato a profondità maggiori di 2000 metri e nell'area del Sebeto esso risulta dislocato a profondità superiori ai 3000 metri (La Torre et Ali, 1982).

Tutti i terreni che colmano il "graben" sono costituiti, pertanto, nella parte basale da lembi residui della serie cenozoica¹, quindi dai prodotti del Roccamonfina e della prima attività dei Campi Flegrei nonché dai prodotti coevi dell'attività erosiva delle acque continentali che sfociavano nel braccio di mare che si estendeva tra i rilievi carbonatici e l'attuale edificio vulcanico del Somma-Vesuvio. Successivamente furono depositati i terreni più superficiali costituiti dai prodotti vulcanici dei Campi Flegrei e del Somma - Vesuvio.

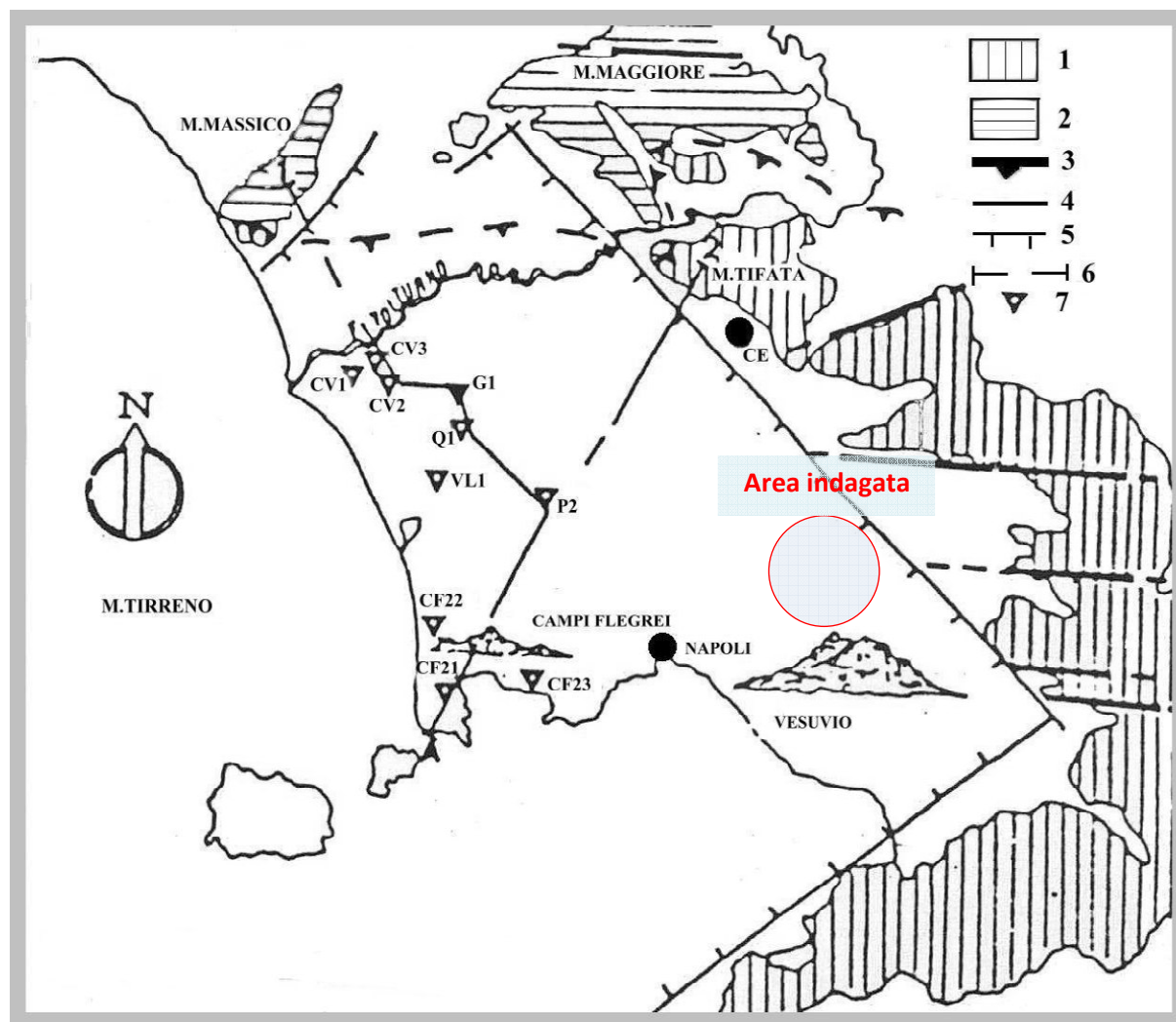


Fig. 1 - Schema tettonico della Piana Campana e delle aree circostanti (da Ortolani & Aprile, 1985) 1) Unità carbonatiche della piattaforma Campano-Lucana; 2) Unità carbonatiche della piattaforma Abruzzese-Campana; 3) Fronte di sovrascorrimento delle unità della piattaforma Campano-Lucana; 4) Strutture mioceniche; 5) Faglie dirette quaternarie; 6) Traccia delle sezioni geologiche interpretative; 7) Sondaggi meccanici.

¹ Le ere geologiche si suddividono in Paleozoico o Era Primaria (da 560 a 150 Milioni di anni fa, circa), Mesozoico o Era secondaria (da 150 a 65milioni di anni fa, circa), Cenozoico o Era Terziaria (da 65 a 2 Milioni di anni fa, circa), Neozoico o Era Quaternaria (da 2 milioni di anni ad oggi).

La struttura profonda della Piana Campana, come già detto, è stata indagata sia con prospezioni geofisiche che con pozzi profondi. I sondaggi (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 (Fig. 2).

I dati pubblicati in letteratura (CIVITA et Alii, 1973; ORTOLANI & APRILE, 1978 e 1985; CELICO, 1983; CORNIELLO et Alii, 1990; DE RISO, 1990) indicano, un sottosuolo così articolato, dall'alto:

1. terreni prevalentemente sabbiosi, dunari e di spiaggia e depositi limo-argillosi di interduna, affioranti in una fascia larga circa 1-2 km prospiciente il mare;
2. depositi limo-sabbiosi fluvio-palustri associati a depositi torbosi, che affiorano a Nord dell'area in esame e raggiungono i massimi spessori (30 m) in prossimità del corso del Volturno;
3. tufo grigio campano, spesso sormontato da piroclastiti sciolte, affiorante diffusamente nella piana; il banco di tufo si approfondisce e si assottiglia via via che ci si approssima al corso del Volturno; infatti lo spessore complessivo varia dai 40÷45 m alle pendici del recinto montuoso ai 2÷3 m in prossimità del F. Volturno dove sovente il tufo ha consistenza "terrosa" ed a luoghi è assente per locali fenomeni erosivi;
4. terreni sabbioso-limoso-ghiaiosi di ambiente marino, rinvenuti in perforazione alla base del tufo, che talora passano lateralmente o poggiano su terreni granulometricamente affini ma di origine piroclastica; lo spessore è di 50÷60 m;
5. terreni a granulometria fine (da limo-sabbiosi a limo-argillosi), anch'essi di probabile ambiente marino, con spessori di qualche centinaio di metri;
6. depositi vulcanici antichi (tufi e lave andesitiche e basaltiche attribuibili ad attività preflegrea) con spessori notevoli;
7. depositi clastici di età mio-pliocenica (profondità 3÷5 km) affioranti localmente al raccordo morfologico dei versanti carbonatici (Monte Tifata) con l'area di piana;
8. terreni in facies di flysch arenaceo argilloso noti in letteratura come *Formazione delle arenarie di Caiazzo*, affioranti con rapporti tettonici nelle aree di rilievo carbonatico;

9. terreni carbonatici di piattaforma, affioranti al Monte Tifata e mai raggiunti dalle perforazioni profonde eseguite nel settore baricentrico della Piana Campana poiché ribassati da "ripide" gradonate di faglia.

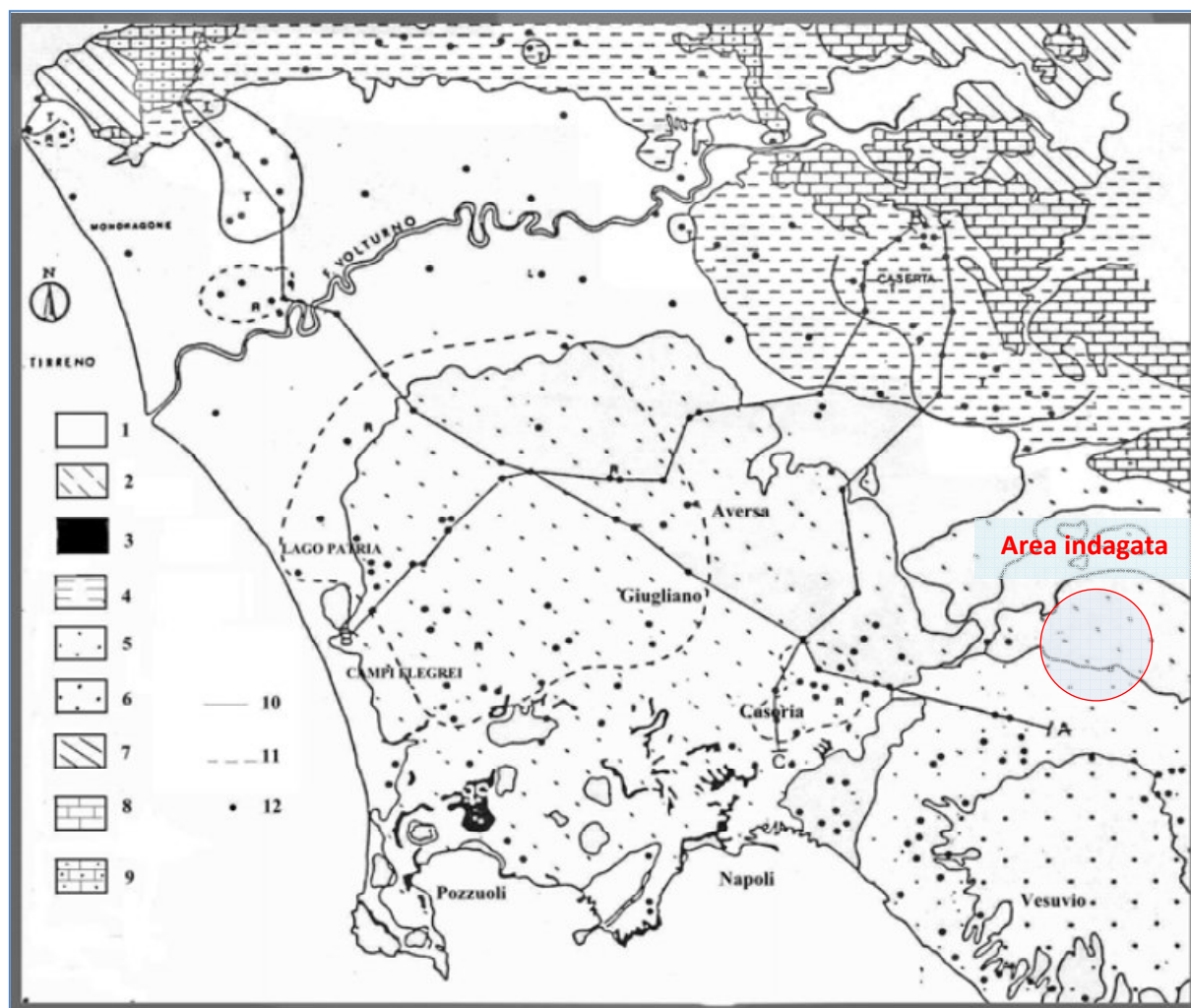


Fig. 2 - Schema geologico della Piana Campana (da Ortolani & Aprile, 1985) 1) Alluvioni recenti; 2) Piroclastiti recenti dei Campi Flegrei; 3) Tufo giallo; 4) Tufo grigio; 5) Piroclastiti del Somma Vesuvio; 6) Lave e piroclastiti del Somma Vesuvio; 7) Arenarie, argille e marne mioceniche; 8) Calcari e dolomie della piattaforma Campano-Lucana; 9) Calcari e dolomie della piattaforma Abruzzese-Campana; 10) Travertino presente nel sottosuolo; 11) Lave a piccola profondità; 12) Perforazioni.

Dal punto di vista geologico il territorio comunale appartiene al dominio vulcanico vesuviano ed è localizzato alla periferia del dominio vulcanico flegreo, pertanto nel sottosuolo, si rinvengono interstratificati e interdigitati prodotti dei due principali apparati vulcanici, così sintetizzati:

1. prodotti del **Somma-Vesuvio** riferibili sia ad episodi piroclastici come la cinerite superficiale, per larghi tratti addensata, presente entro i primi 3 o 4 metri di profondità su quasi tutto il territorio comunale, che effusivi come la lava tefrite leucitica (lava ottavianitica), presente quasi sempre nel settore centrale del territorio comunale a profondità di circa 10-15 mt e a sud di via Cucca a profondità inferiore, che si presume essere stata messa in posta quando i Flegrei emisero i prodotti del II periodo (in particolare il "tufo giallo napoletano") circa 10-12.000 anni fa e ciò perché essa si rinviene a tetto dell'Ignimbrite Campana;
2. prodotti del **vulcanismo esplosivo flegreo** con orizzonti e facies riconducibili ai vari periodi in cui è stata distinta l'attività flegrea ed in particolare:
 - a. prodotti del III periodo flegreo formati da alternanze di ceneri, pomici e lapilli intercalati da livelli di paleo suoli;
 - b. prodotti del II periodo flegreo (in particolare il "tufo giallo napoletano" che si presentano più o meno regolarmente stratificati con alternanze di livelli di ceneri e pomici (pozzolane s.l.) aventi vario grado di compattazione;
 - c. prodotti del I periodo flegreo costituiti essenzialmente dall'Ignimbrite Campana chiamata da vari autori Tufo Grigio Campano.

Le eruzioni sono state intervallate da periodi di inattività che hanno permesso la formazione di "paleosuoli" a causa della esposizione agli agenti atmosferici della parte più superficiale dei materiali piroclastici presenti sulle paleosuperfici.

L'Ignimbrite Campana (IC) è un complesso tufaceo che nell'area di studio si presenta in facies semilitoide a circa 14-18 metri di profondità; i meccanismi di messa in posto sono tipici di attività esplosiva con depositi da flusso turbolento piroclastico e subordinatamente da caduta (fall-out). L'IC presenta nell'ambito della sua vasta estensione (circa 10000 Km²) alcune variazioni tessiturali e strutturali sia in senso areale che verticale; lungo la verticale oltre a ritrovare variazioni di colore, dal grigio al giallo, per fenomeni di zeolitizzazione secondaria, è frequente il reperimento di facies più saldate e litificate intercalate a facies debolmente saldate e allo stato quasi incoerente. L'età dell'IC viene inquadrata in un intervallo compreso tra 35000 e 25000 anni dal presente. Recenti datazioni effettuate sul sanidino presente all'interno del deposito tufaceo forniscono una età di 39000 anni.

Il banco di tefrite leucitica a tendenza basanitica, appartiene al cosiddetto complesso delle Lave del Somma, rappresenta la digitazione più avanzata della sequenza di colate laviche intervallate da livelli di scorie prodotte da effusioni del Somma nel periodo compreso tra 39 Ka e 14 Ka. Nel banco macroscopicamente si osservano, in una massa di fondo di colore grigio scuro, cristalli di leucite, augite e olivina.

I terreni della successione stratigrafica posti a tetto dell'IC e della tefrite leucitica, quando presenti, sono variabili per litologia e granulometria, hanno origine vulcanica o/e alluvionale e si presentano in strati e livelli di forma lenticolare la cui giacitura è generalmente sub-orizzontale.

L'Ignimbrite Campana (Tufo Grigio Campano) e il banco di tefrite leucitica, rivestono particolare importanza nella geologia del territorio comunale, in quanto in alcune aree, rappresentano il bedrock locale.

3.2 Geomorfologia

Come è stato già detto in precedenza il territorio comunale è localizzato quasi completamente (settore settentrionale) nella piana orientale e solo una piccola parte (settore meridionale) ricade a ridosso dell'apron del Somma – Vesuvio.

Dal punto di vista geomorfologico, Brusciano è interessato da modeste pendenze e può essere considerata una **zona pianeggiante** con acclività comprese tra 0-2%, individuando due aree omogenee, una posta a Nord dell'allineamento di via Cucca con pendenze comprese tra 0 e 0,5% l'altra posta a Sud con pendenze leggermente più alte, comprese tra 0,5 e 2%.

La morfologia del territorio appare nell'insieme pressoché regolare; interrotta solo nella parte settentrionale dai viottoli che solcano i campi e da alcuni canali artificiali che sfociano nel Lago Campagna.

4. IDROGRAFIA E IDROGEOLOGIA

Studi di carattere (Celico et Alii, 1997) idrogeologico e idrogeochimico eseguiti nell'area vesuviana di interesse (Fig.3), hanno consentito distinguere un "acquifero superficiale" corrispondente all'area strettamente vulcanica ed un "acquifero profondo" corrispondente ai rilievi carbonatici fratturati e carsificati.

L'acquifero superficiale vulcanico presenta un deflusso radiale che in generale si adatta alla morfologia del vulcano. Gli orizzonti acquiferi corrispondono ai livelli di lava fratturata, di scorie, di pomici e lapillo. Alla periferia del vulcano è possibile ipotizzare un certo interscambio idrico sotterraneo.

L'acquifero profondo e/o principale è alimentato dalla "Unità dei Monti di Avella – Monte Vergine – Pizzo d'Alvano" posta a NE del territorio comunale, questa è troncata al piede, lungo la direttrice Maddaloni – Cancellò – Nola, da importanti linee tettoniche, che mettono in contatto l'acquifero carbonatico con i depositi pliocenici e quaternari della Piana Campana.

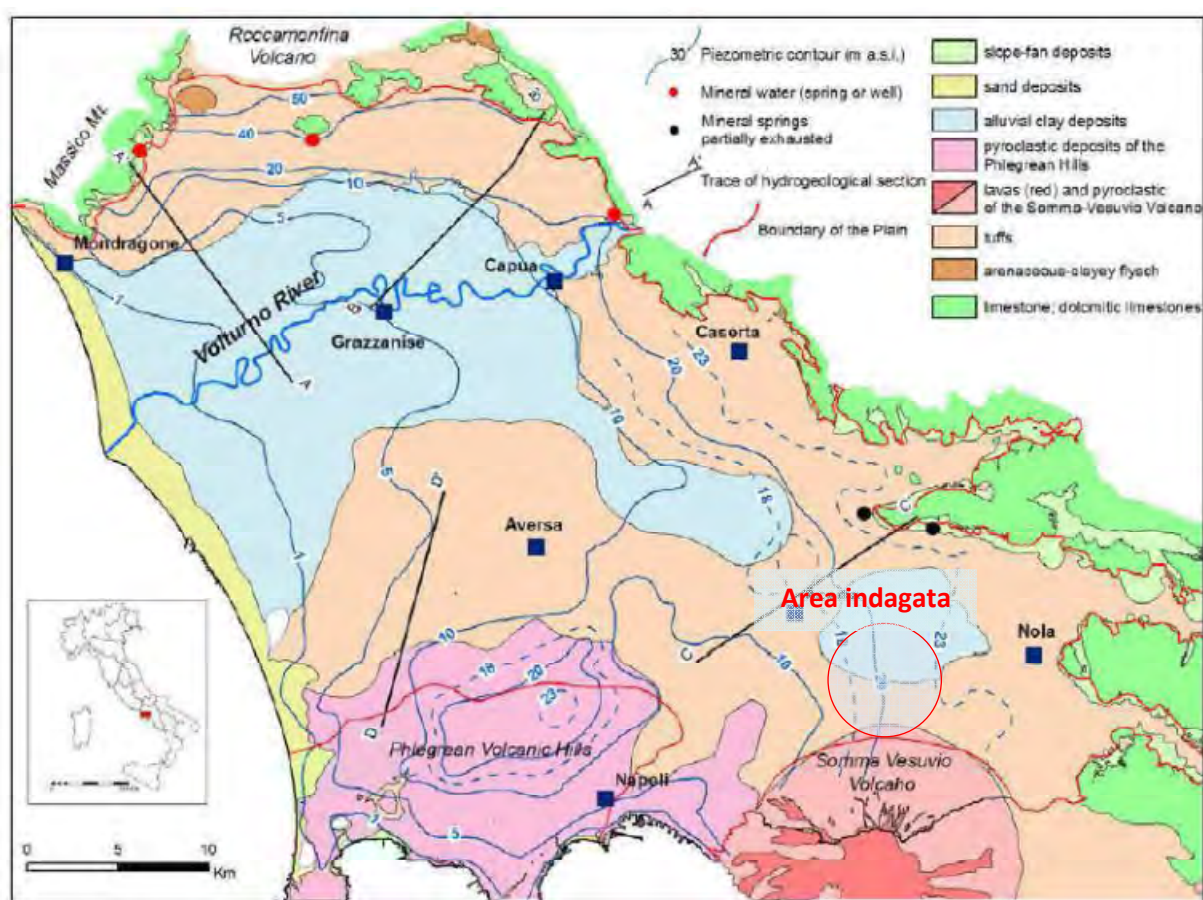


Fig.3 - Carta idrogeologica della Piana Campana (da Ducci, 2007).

L'acquifero principale sotteso dal territorio di Brusciano è alimentato dalla struttura carbonatica dei Monti di Avella, dall'infiltrazione diretta e dalla struttura vulcanica del Somma – Vesuvio.

Esso trova sede nel forte spessore di piroclastiti sciolte, costituite da banchi di pomici, scorie, litici e sabbie grossolane che generalmente si rinvencono a letto del " tufo grigio campano" che, quando presente, a causa del minor grado di permeabilità relativo di esso rispetto ai restanti litotipi, si comporta da elemento di semiconfinamento.

Dal punto di vista idrogeologico, il territorio comunale può essere suddiviso in due settori:

1. quello meridionale più prossimo al Somma – Vesuvio, caratterizzato da una falda unica in generale di tipo freatico, in cui l'acquifero si sviluppa in litotipi aventi permeabilità relativa più elevata, in particolare in livelli lavici permeabili per fatturazione ed in livelli di pomici, scorie e sabbioni vulcanici permeabili per porosità; tale falda a luoghi si rinviene in condizioni di semiconfinamento quando il banco di lava, oltre ad essere poco fratturato, ha una potenza maggiore di 20 metri;
2. quello settentrionale in cui la circolazione idrica sotterranea avviene nei livelli di pomici, scorie, brecce vulcaniche e sabbie permeabili per porosità. In questo settore, la presenza del tufo grigio campano, caratterizzato da un minor grado di permeabilità relativo rispetto agli altri termini litologici, consente di distinguere due falde, una in condizioni freatiche localizzata al di sopra del banco tufaceo e l'altra in condizioni di semiconfinamento a letto del banco tufaceo stesso.

In condizioni non disturbate, le due falde, quella semiconfinata e quella freatica, possono venire in contatto tra di loro mediante "flussi di drenanza" verticali diretti dal basso verso l'alto.

L'alternanza spesso disordinata, di terreni a permeabilità medio-alta (sabbie, ghiaie, ecc.) con altri a permeabilità bassa (limi, paleosuoli, ecc), determina una circolazione idrica sotterranea "per falde sovrapposte"; la distinzione delle falde non è sempre possibile in quanto esse sono tra loro interconnesse sia attraverso "fenomeni di drenanza" che attraverso soluzioni di continuità dei sedimenti meno permeabili.

Per una maggiore accuratezza nella redazione della carta idrogeologica, per la ricostruzione della superficie piezometrica della falda libera e l'individuazione di direttrici di flusso della stessa, per il lotto in oggetto, lo scrivente ha provveduto ad uno speditivo rilievo del livello superficiale della falda in condizioni statiche. In data 20-02-2020, dopo avere individuato in un precedente censimento, un discreto numero degli innumerevoli pozzi presenti sul territorio è stato possibile misurare il livello d'acqua in n.7 punti che risultano sparsi e rappresentativi dell'area di studio.

Le misure del livello piezometrico effettuate hanno individuato la falda ad una profondità variabile tra circa 3,80 - 4,10 m dal p.c. e una direzione del deflusso idrico sotterraneo preferenzialmente da N verso S per la falda superficiale.

L'elaborazione dei suddetti dati ha consentito la costruzione della carta idrogeologica (elaborato G.05) nella quale sono riportate le curve isopiezometriche e gli assi di drenaggio preferenziale.

L'idrografia presente sul territorio è riconducibile a quella di una vasta pianura, in assenza di corsi d'acqua naturali, limitata da alcuni canali artificiali realizzati nel periodo borbonico che si sviluppano secondo diverse direzioni raccogliendo le acque superficiali provenienti dalle falde del Monte Somma, tali canali, trovano recapito molto più a Nord nei Regi Lagni.

5. INDAGINE E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Il programma di indagini è stato impostato tenendo conto dell'esistenza di un numero consistente di prove eseguite sull'intero territorio oggetto di studio e dei dati da essi ricavabili. In via preliminare come già detto in precedenza, è stato effettuato un attento rilievo geologico e geomorfologico nonché misure freatiche di un numero congruo di pozzi e fori di sondaggio censiti dallo scrivente.

Di seguito verranno illustrate tutte le indagini utilizzate per il presente studio geologico, sia quelle disponibili che quelle eseguite. Queste sono state riportate negli elaborati DG.01 "Indagini geognostiche disponibili" e DG.02 "Indagini geognostiche eseguite", parte integrante dello studio geologico e ubicate sulla "Carta Ubicazione indagini G.02 e G.02B".

5.1 Indagini geognostiche, geofisiche e geotecniche disponibili

Sono state prese in considerazione le seguenti indagini eseguite in un intorno significativo del lotto in esame, sotto la direzione di altri colleghi per diversi scopi:

1. n°1 prova sismica M.A.S.W. per il PUC 2012;
2. n°2 sondaggi stratigrafici (a carotaggio continuo) della variante PRG 2004;
3. n°2 sondaggi stratigrafici (a carotaggio continuo) per interventi edilizi privati 92-94;

Per il PRG 1988:

4. n°1 sondaggio stratigrafico (a carotaggio continuo);
5. n°2 prove penetrometriche statiche (C.P.T.);
6. n°2 prove sismiche DOWN-HOLE.

Per l'adozione del PRG, nel luglio del 1988 furono eseguiti n°10 sondaggi a c.c. di cui n°1 allegato al presente lavoro (S7), che si spinse fino a circa 20,00 mt dal piano campagna. In contemporaneo furono eseguite anche n°12 prove penetrometriche statiche (CPT) di cui n°2 allegate (Ps6 e Ps10) che si spinsero fino a 20,00 mt di profondità, successivamente ad agosto n°5 prove down-hole di cui n°2 allegate (n°3-4).

Per la realizzazione di vari fabbricati per civile abitazione in via Padula e via Cucca furono realizzati n°3 sondaggi a c.c. di cui rispettivamente n°1 per i Germani Egizio e n°2 per la sig.ra Esposito Leonora (SE-SEE1,2) che raggiunsero circa 20,00 metri dal piano campagna. Per la variante al PRG, nel mese di maggio del 2004, furono realizzati: n°6 sondaggi a c.c. di cui due riportati in questo studio (T2 e T4), che raggiunsero 30,00 mt di profondità. Dalle numerose prove ed indagini per la redazione del PUC è stata presa in considerazione una masw realizzata nel luglio 2010 (profilo n.4) per la caratterizzazione sismica, secondo l'ex D.M. 14/01/2008 ai fini della determinazione delle V_{s30} dei terreni di fondazione, nonché per l'individuazione di eventuali discontinuità litodinamiche.

I risultati delle indagini e prove sono riportati in schede e diagrammi nell'elaborato DG.01 che costituisce parte integrante del presente lavoro.

5.2 Indagini geognostiche, geofisiche e geotecniche eseguite

A seguito di incarico affidato dallo scrivente alla ditta specializzata, " **I.Geo S.a.s.**" di Pastorano (Caserta), sono state eseguite le seguenti prove di campagna:

1. n°2 sondaggi meccanici a carotaggio continuo con prelievo di n.2 campioni indisturbati (C.I.) per l'esecuzione di prove di laboratorio geotecnico;
2. n°6 prove penetrometriche dinamiche (D.P.S.H.);
3. n°2 prove sismiche con il metodo M.A.S.W.

Le prove di laboratorio effettuate sono: "caratteristiche fisiche generali; analisi granulometriche; prova di taglio diretto e prova edometrica".

I risultati delle indagini e prove sono riportati in schede e diagrammi nell'elaborato DG.02 che costituisce parte integrante del presente lavoro.

5.2.1 Sondaggi meccanici a carotaggio continuo

Nei giorni 18 e 19 febbraio del 2020, sono stati eseguiti n°2 sondaggi a carotaggio continuo con una sonda idraulica cingolata a rotazione, modello TEREDO DC212, le cui caratteristiche sono:

- | | |
|--|--------------------------|
| • Potenza motore | 5 Hp |
| • Coppia massima | 500/520 Kgm / daNm |
| • Velocità di rotazione | 45-390 RPM |
| • Corsa rotare | 3250 cm |
| • Tiro e o Spinta | 2500 Kg. |
| • Pompa per fluidi di perforazione pressione | 35 bar/ portata 120 lit. |
| • Morsa | 60-250 mm |
| • Argano | 1000 Kg |

Il materiale estratto durante la perforazione con avanzamento a secco e/o con la minima quantità di acqua necessaria per consentire il massimo carotaggio possibile e la più completa composizione granulometrica, è stato riposto in cassette catalogatrici munite di setti separatori. E' stato utilizzato un carotiere semplice di diametro 101 mm con corona a widia e tubi di rivestimento di diametro 127 mm.

Nel corso dei sondaggi sono stati prelevati n°2 campioni indisturbati (ciascuno per sondaggio) utilizzando un campionatore con fustella a pareti sottili (Shelby), in corrispondenza di orizzonti significativi o comunque a quote prefissate.

La campionatura continua del terreno ha permesso la ricostruzione delle stratigrafie dei punti di indagine. I sondaggi geognostici sono stati siglati ed approfonditi secondo la tabella seguente:

Tabella I

Sigla Sondaggio	Profondità (m dal p.c.)
S1	30,00
S2	30,00

5.2.2 Analisi di Laboratorio Geotecnico

I campioni indisturbati sono stati prelevati da un campionatore a pareti sottili infisso a pressione, tipo "Shelby", avente le seguenti caratteristiche:

- Diametro esterno fustella 88,9 mm;
- Spessore fustella 2,00 mm;
- Lunghezza fustella 600 mm.

Essi sono stati opportunamente sigillati con paraffina e tappi in gomma e siglati come segue:

Tabella II

Sigla campione	Profondità (m dal p.c.)
S1C1	3,00 – 3,50
S2C1	3,00 – 3,50

Sui campioni prelevati sono state eseguite le prove geotecniche di laboratorio di seguito riassunte:

Tabella III

Sigla campione	Caratteristiche fisiche generali e proprietà indice	Analisi Granulometrica per setacciatura e per sedimentazione	Prova di Taglio	Prova Edometrica
S1C1	X	X	X	X
S2C1	X	X	X	X

5.2.3 Prove penetrometriche dinamiche (D.P.S.H.)

Negli stessi giorni dell'esecuzione dei sondaggi meccanici sono state eseguite n°6 prove penetrometriche dinamiche pesanti (D.P.S.H.) secondo le **raccomandazioni A.G.I.**, con un PENETROMETRO della ditta PAGANI TG 63-200 KN, con le seguenti caratteristiche tecniche.

TG 63-200 EML .C Pagani
CARATTERISTICHE TECNICHE

Rif. Norme	DIN 4094
PESO MASSA BATTENTE : M	63,50 kg
ALTEZZA CADUTA LIBERA : H	0,75m
PESO SISTEMA BATTUTA : Ms	0,63 kg
DIAMETRO PUNTA CONICA: D	51,00 mm
AREA BASE PUNTA CONICA : A	20,43 cm ²
ANGOLO APERTURA PUNTA: α	90°
LUNGHEZZA DELLE ASTE: La	1,00m
PESO ASTE PER METRO: Ma	6,31 kg
PROF. GIUNZIONE 1 ^a ASTA: P1	0,40 m
AVANZAMENTO PUNTA : δ	0,20 m
NUMERO DI COLPI PUNTA: N= N(20)	Relativo ad un avanzamento di 20 cm
RIVESTIMENTO / FANGHI	NO
ENERGIA SPECIFICA x COLPO $Q = (MH) / (A \delta) = 11,65565 \text{ kg/cm}^2$ (prova SPT: $Q_{spt} = 7.83 \text{ kg/cm}^2$)	
COEFF.TEORICO DI ENERGIA $\beta_t = Q/Q_{spt} = 1,489$ (teoricamente: $N_{spt} = \beta_t N$)	

La prova DPSH consiste nel misurare la resistenza alla penetrazione di una punta conica di dimensioni standard infissa per battitura. Le informazioni ottenute sono di tipo continuo, poiché le misure di resistenza alla penetrazione sono registrate durante tutta l'infissione, da questa si ricava la resistenza all'avanzamento mediante il numero di colpi N necessario all'abbassamento di 20 cm del gruppo di infissione e, conseguentemente, una serie di parametri identificativi quali la densità relativa (D_r), l'angolo di attrito interno (f), la resistenza dinamica (R_d) ed il modulo di deformazione (E). Le prove penetrometriche rappresentano un mezzo veloce e soprattutto economico per la valutazione della capacità portante di un terreno e, in prima approssimazione, anche dei cedimenti dovuti ai vari carichi. Con tale tipo di indagine viene determinato, in maniera indiretta e tramite appositi diagrammi, il carico ammissibile del terreno e la migliore soluzione sulla tipologia di fondazione da adottare. La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, la consistenza in generale del terreno per definirne il relativo modello geotecnico. Le prove penetrometriche sono state siglate ed approfondite secondo la tabella seguente:

Tabella IV

Sigla Prova	Profondità (m dal p.c.)
DPSH 1	6,00
DPSH 2	9,00
DPSH 3	12,20
DPSH 4	12,00
DPSH 5	10,00
DPSH 6	10,00

5.2.4 Prove sismiche con il metodo M.A.S.W.

Le prove sismiche si rendono necessarie allo scopo sia di ottenere informazioni sul comportamento litodinamico dei terreni che di determinare il valore della velocità media di propagazione entro 30 metri di profondità delle onde di taglio (V_{s30}) ai sensi dell'O.P.C.M. 3274/03; O.P.C.M. 3431/05 e D.M. 17 gennaio 2018.

In data 25-02-2020 sono state eseguite n°2 prove sismiche, con il metodo MASW, lungo stendimenti di 50 ml. L'indagine è stata realizzata utilizzando un'apparecchiatura digitale della GEODE GEOMETRICS, avente le seguenti caratteristiche ed accessori:

- CPU NS Geode DXLV 300 MHz – RAM 128 Mb PC 100 Mhz;
- Hard Disk 512 Mb on Compact Flash Disk Udma/33;
- Display LCD 10.4" Tft tranflettivo a colori, touch screen ;
- Doppia interfaccia di rete Fast Ethernet 10/100;
- Campionamento da 125 a 50.000 c/s- risoluzione 24 bit;
- Convertitore A/D 24 bit con un convertitore sigma-delta dedicato ad ogni singolo canale;
- n°24 geofoni da 4.5 Hz della OYO Geospace.

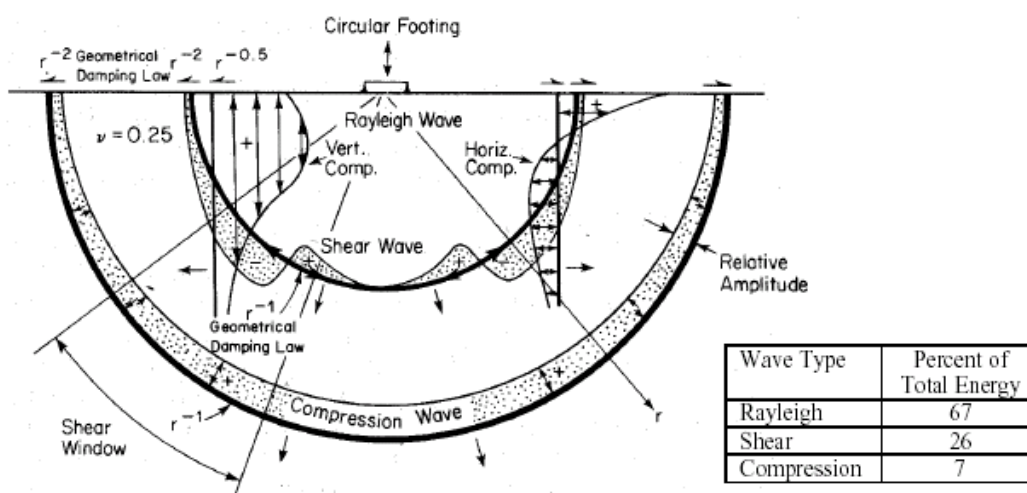
L'indagine sismica realizzata predisponendo un array di geofoni lungo una linea retta, con distanza intergeofonica pari a 2 metri.

Nella tabella seguente si riporta una sintesi delle caratteristiche degli stendimenti realizzati nonché i parametri di acquisizione.

Tabella V

<u>PARAMETRI DI REGISTRAZIONE</u>	
SISMOGRAFO	GEODE GEOMETRICS
FORMATO DI REGISTRAZIONE	SEG2
INTERVALLO DI CAMPIONAMENTO	1 ms
DURATA REGISTRAZIONE	1500 ms
NUMERO DI GEOFONI	24
<u>SORGENTI</u>	
SORGENTE DI ENERGIZZAZIONE	MARTELLLO da Kg 8
<u>RICEVITORI</u>	
TIPO DI GEOFONI	4.5 Hz
DISTANZA TRA GEOFONI	2 m
DISTANZA SORGENTE- STENDIMENTO	Variabile da 0 a 4 m

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva, che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo. La determinazione delle Vs viene ottenuta tramite inversione delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh.



In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo.

Le indagini MASW si distinguono in attive e passive o in una combinazione di entrambi.

Nel metodo attivo le onde superficiali generate in un punto sulla superficie del suolo sono misurate da uno stendimento lineare di sensori. Nel metodo passivo lo stendimento dei sensori può essere sia lineare, sia circolare e si misura il rumore ambientale di fondo esistente.

Facendo riferimento al metodo attivo da noi utilizzato possiamo dire che, una generica acquisizione di segnali sismici lungo uno stendimento lineare, con sorgente esterna alla linea sismica, può essere rappresentata come una funzione $u(x, t)$ dove x è lo spazio e t il tempo.

Attraverso una serie di formule matematiche basate sulla teoria di Fourier, si ottengono, per differenti valori di frequenza f , le curve di dispersione delle velocità di fase dei modi di oscillazione dell'onda superficiale di Rayleigh.

La curva di dispersione media delle velocità di fase dell'onda di Rayleigh, estratta con la metodologia MASW, è invertita al fine ottenere un profilo dettagliato di onde di taglio. L'algoritmo di calcolo, utilizzato in questo lavoro si basa sull'approccio linearizzato proposto da Hermann (2002). La curva di dispersione teorica è calcolata mediante la sintesi modale partendo da un modello di terra 1D iniziale i cui parametri, sono la velocità delle onde di compressione, la velocità delle onde di taglio, gli spessori e le densità degli iesimi strati costituenti il modello.

6. GEOLOGIA LOCALE

Il rilevamento geologico di campagna, l'interpretazione di foto aeree, l'analisi topografica, la consultazione di studi pregressi e l'interpretazione dei sondaggi geognostici, penetrometrici e sismici eseguiti e disponibili, nonché una attenta lettura delle risultanze delle prove di laboratorio eseguite e disponibili, hanno consentito la ricostruzione dell'assetto geolitologico della porzione di area in studio e la successiva redazione delle carte previste dalla normativa vigente.

Come è stato già detto, nel sottosuolo comunale, si rinvencono, alternati e/o interdigidati prodotti, sia di deposizione primaria che secondaria, dei Campi Flegrei e del Somma – Vesuvio, nonché nella parte settentrionale del territorio, sedimenti di facies palustre e lacustre con terre nere e torbifere dei Regi Lagni.

Nelle successioni stratigrafiche del territorio comunale, possono essere individuati almeno tre livelli guida: la **cinerite addensata** presente nei primi 2/3 metri di profondità, la lava **tefrite leucitica** presente soprattutto nel centro urbano e a Sud di via Cucca, secondo quanto emerso dai sondaggi meccanici tra 5 e 20 metri e il **tufo grigio campano** (Ignimbrite Campana) presente in larga parte del territorio tra 14 e 30 metri.

Tali livelli e le correlazioni tra i vari orizzonti piroclastici ricostruite con l'aiuto dei "paleosuoli" consentono una migliore comprensione della geologia dell'area oggetto del presente studio, vale a dire il lotto inserito nel C.E.R. n.7 di via G. Saragat.

La stratigrafia del territorio studiato fino alla profondità di circa 30 metri, può essere così schematizzata. Al di sotto di uno strato di terreno vegetale dello spessore massimo di 1,30 mt, prodotto dall'argillificazione della coltre piroclastica più superficiale, si rinviene la successione dei terreni vulcanici.

Tali terreni risultano differenziati cromaticamente (dal marrone al grigio-nerastro, con qualche variante nel verdastro), con uno stato di addensamento da basso a medio, in essi entro i primi 10,00 metri di profondità, si riconoscono almeno due livelli humificati (paleosuoli).

La successione piroclastica è nel complesso piuttosto omogenea caratterizzata dalla presenza di materiali sciolti sovrapposti al tufo grigio. Questi prodotti, sono costituiti granulometricamente da materiali limoso-sabbioso-ghiaiosi, la frazione ghiaiosa è composta principalmente da pomici e/o scorie.

Alla profondità variabile tra 15,00 e 20,00 mt, si rinviene il tufo grigio semilitoide, con grosse scorie nerastre, vacuolari e vetrose del diametro fino a 4-5 cm. Tale litotipo è presente fino alla profondità di circa 30,00 e poggia su un deposito sabbioso, alle volte sabbio-limoso che si estende a profondità maggiori.

Il tufo grigio, ascrivibile alla formazione dell'Ignimbrite Campana, ha generalmente una consistenza semilitoide e spesso si presenta scarsamente litificato, nelle parti più profonde del banco prevale il colore grigio scuro con pomici grossolane nere mentre nelle parti più superficiali il colore violaceo e giallo (zeolitizzazione). Dal punto di vista litologico, il tufo è costituito da una pasta cineritica, che in volume supera il 50% del volume totale, da pomici grigi di dimensioni di qualche centimetro nella parte più superficiale e nere di dimensioni fino a un decimetro nella parte più profonda del banco, da scorie e subordinatamente da litici e cristalli di sanidino, plagioclasio, clinopirosseni e biotite.

Per quanto riguarda la struttura essa si presenta a luoghi omogenea e compatta ed a luoghi leggermente vacuolare; tale variabilità nella struttura determina un diverso comportamento meccanico e se nel corso dei sondaggi non viene utilizzato il doppio carotiere il materiale estratto si presenta sciolto ed è definibile dal punto di vista granulometrico come una sabbia ghiaiosa e/o limo sabbioso ghiaioso.

La cinerite ben addensata (a livello locale è detta "tostata") di colore grigio avana, come anzidetto è presente su tutta l'area investigata, costituita da cenere pisolitica generalmente compatta e pomici millimetriche. Questa nella tradizione edilizia locale, rappresenta un buon piano fondale, dalle penetrometrie eseguite è stata rinvenuta subito dopo il terreno vegetale con spessore variabile da 1,20 a 1,50 mt ed è poco discriminante rispetto agli altri strati. Per una stratigrafia tipo si vedono i sondaggi stratigrafici eseguiti ed acquisiti nonché le sezioni litostratigrafiche rappresentate nell'elaborato G.07.

Alla profondità variabile tra 7,00 e 14,00 mt, si rinviene la lava tefrite leucitica, con spessore da 1,00 a 10,00 mt, bollosa e fratturata nella parte superiore con presenza di sottili livelli sabbiosi grossolani. Tale livello si presenta a tetto del tufo grigio campano.

In tutto il territorio comunale, infine, non si notano condizioni tettoniche capaci di esplicare una qualche influenza e ciò perché il substrato rigido mesozoico, con la relativa copertura cenozoica, suddiviso in zolle ribassate a gradinata da faglie ad andamento appenninico ed antiappenninico, è troppo profondo.

7. CONSIDERAZIONI SULLA STABILITA' DELL'AREA

Il territorio comunale di BRUSCIANO è da considerarsi in linea generale stabile, dal punto di vista geomorfologico, esso, come già descritto in precedenza è interessato da scarse pendenze e può essere considerato una **zona pianeggiante** con acclività comprese tra 0-2%, individuando due aree omogenee, una posta a Nord (dove ricade il nostro lotto) dell'allineamento immaginario OVEST-EST passante per via Padula e via G. Amendola con pendenze comprese tra 0 e 0,5% e l'altra posta a Sud con pendenze leggermente più alte, comprese tra 0,5 e 2%.

I rilievi effettuati hanno permesso di appurare la mancanza di fenomeni idrogeologici che possano evolvere verso situazioni di instabilità reale, infatti le carte del rischio redatte dall'ex Autorità di Bacino Campania Centrale, per il PSAI adottato con Delibera del Comitato Istituzionale n.1 del 23-02-2015, indicano che l'area in esame non risulta gravata ne da rischio idraulico, ne da rischio frane (tavola 448064).

Dal punto di vista idrogeologico-idraulico, constatata la bassa densità e le caratteristiche granulometriche sciolte nei terreni superficiali, le acque di origine meteorica si infiltrano facilmente nei terreni sottostanti; ed in genere vanno ad alimentare la falda freatica presente a circa 4,00 metri dal p.c., ma se incontrano strati di materiale limoso, molto addensato, o terreni con funzione di impermeabile relativo, tendono a formare microfalde superficiali con fenomeni di ristagno. Si determina pertanto la necessità di impedire ed eliminare la penetrazione delle acque da infiltrazioni (tra cui eventuali perdite della rete fognaria) nei terreni sottostanti.

Le opere di impermeabilizzazioni suggerite sono importanti anche perché si evitano che le acque ruscellanti possano stagnare nei terreni prossimi alle fondazioni. Infatti, in condizioni di saturazione, si potrebbero rendere più vulnerabili le caratteristiche fisiche e meccaniche dei terreni sottoposti alle tensioni delle opere da realizzare.

In definitiva, come ripetute volte accennato, considerando la configurazione morfologica e pendenze variabili da 0 al 2%, l'assenza di linee strutturali di primaria importanza, nel complesso, non si evidenziano fenomeni di erosione in evoluzione e/o potenziali, pertanto la zona è stabile.

8. RISCHIO VULCANICO

Il rischio vulcanico può essere definito come il prodotto fra la probabilità che avvenga un determinato fenomeno vulcanico e i danni che esso provoca.

$$R = P \times E \times V \text{ (Rischio = Pericolosità x Elementi a rischio x Vulnerabilità)}$$

In base a questa definizione la densità e il numero degli insediamenti urbani nella zona vesuviana fanno del Vesuvio un vulcano a rischio altissimo.

La sorveglianza dell'area definita per classi di rischio nel piano di emergenza (Fig.4) è effettuata dall'Osservatorio Vesuviano, tale dovrebbe consentire alla Protezione Civile un'ordinata evacuazione delle aree esposte, senza pericolo per l'incolumità delle persone, facendo scattare l'allarme con congruo anticipo rispetto all'evento atteso.

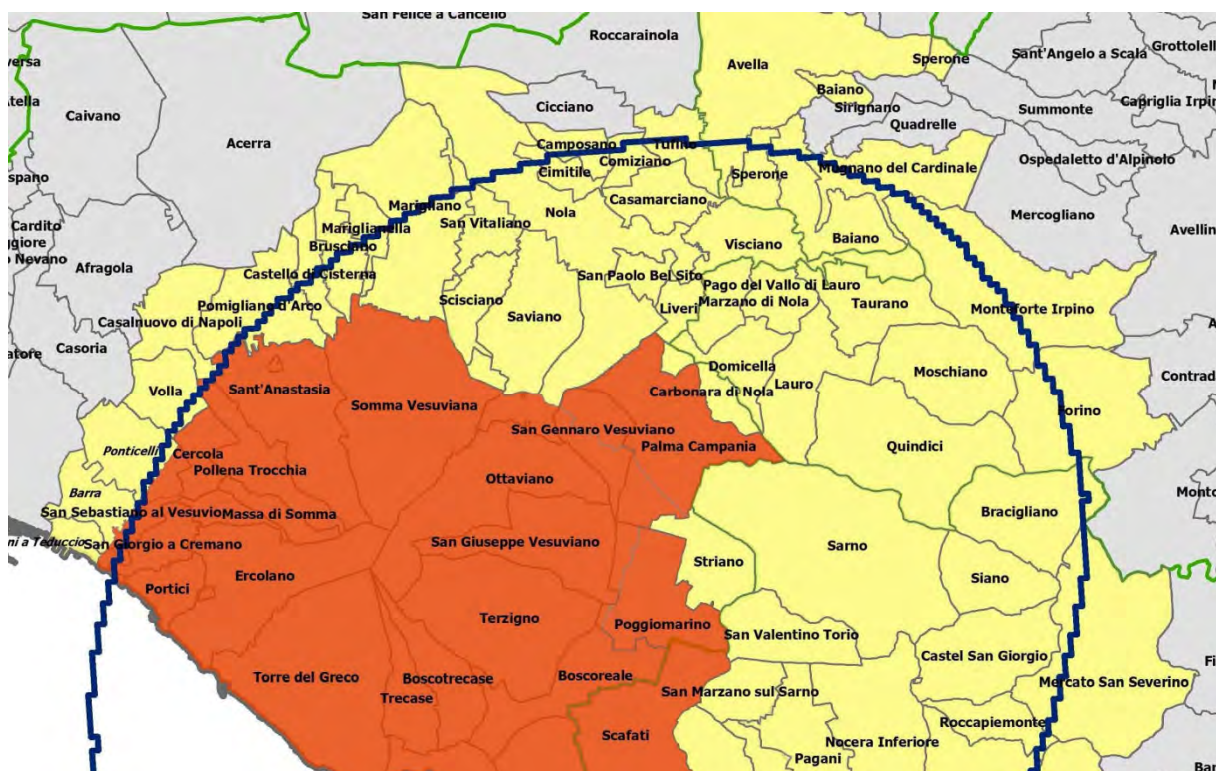


Figura 4 - Stralcio della Mappa di delimitazione della "zona gialla".

Il piano di emergenza, detto "Piano Vesuvio", con la Direttiva del 14/02/2014 (Presidente del Consiglio) ha subito una ripermimetrazione della zona rossa (allargandola in vario modo), tale, non ha interessato il Comune di BRUSCIANO, che resta nella "zona gialla".

Il predetto piano, per il comune in oggetto, prevede una ricaduta di cenere e lapilli tale da provocare un sovraccarico superiore a 200 kg/cm² alle strutture di copertura degli edifici. In condizioni particolari, tale sovraccarico può raggiungere il valore di 400 kg/cm², fino a determinarne il crollo dei tetti.

Tuttavia si prevede che, come accadde nel 1631, che solo il 10% della zona sarà effettivamente coinvolto dalla ricaduta di particelle, subendo danneggiamenti.

9. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI LITOTIPI

Dal punto di vista geotecnico i litotipi riconosciuti e cartografati nel comparto, rientrano principalmente nella categoria delle terre. Le indagini effettuate, nel corso del presente e dei precedenti studi, hanno fornito le indicazioni riportate di seguito; in particolare, a tale scopo, sono state considerate e opportunamente interpretate:

- prove penetrometriche dinamiche DPSH;
- analisi di laboratorio su campioni prelevati nel corso dei sondaggi.

Prima di fare una sintesi dei risultati ottenuti è d'obbligo ricordare che: **dato il carattere puntuale di dette indagini, ed in conseguenza dei numerosi fattori locali che possono influenzare il comportamento dei terreni prossimi ed analoghi pur se appartenenti alle medesime formazioni, non si potrà mai prescindere, nell'utilizzazione del sottosuolo, da una puntuale conoscenza geologico-tecnica del sito, pertanto prima di realizzare qualsiasi tipo di intervento edilizio, tali indagini andranno opportunamente integrate.**

L'andamento della resistenza alla punta R_p delle prove DPSH, mette in evidenza che la struttura del sottosuolo è alquanto articolata, si rinvengono, infatti, frequenti livelli di materiale a granulometria più grossa (rappresentati dai picchi della resistenza alla punta) alternati a materiale a minor resistenza.

Per la caratterizzazione geotecnica dei terreni, come più volte ripetuto, sono state eseguite n°6 prove penetrometriche dinamiche pesanti, diversamente distribuite nel lotto e n°2 prove di laboratorio su campioni indisturbati prelevati a 3,00 mt dal p.c. durante l'esecuzione dei sondaggi stratigrafici S1 e S2.

I valori ottenuti dalle **prove penetrometriche** eseguite, si correlano molto bene tra di loro, questi messi a confronto con la prova SPT mediante un fattore di correzione β_t pari a circa 1,50 ($N_{spt} = \beta_t * N_{dpsh}$), attraverso relazioni empiriche di vari autori (Terzaghi-Peck 1948-1967; Sowers 1961; De Mello; Meyerhof 1957; Schmertmann 1978 et Ali), hanno permesso di ricavare i parametri meccanici maggiormente usati per lo studio delle fondazioni.

Questi parametri calcolati con Dinamic Probing della GeoStru Software, sono riportati nella tabella VI, fino alla profondità di 12,20 mt dal piano campagna, i dati rappresentati, scaturiscono dalla media aritmetica dei valori delle prove, in accordo con la stratigrafia confermano la presenza di terreni di natura granulare con un grado di consistenza che varia da sciolto ad addensato.

Tabella VI - Sintesi Parametri geotecnici

Strato	Prof. Strato (m)	N	γ (t/m ³)	γ_s (t/m ³)	Φ (°)	E_d (Kg/cm ²)	E_y (Kg/cm ²)	n	G (Kg/cm ²)	D_r (%)	Interpretazione Stratigrafica	Definizione della consistenza
1	1,20	4	1,49	1,88	27	35	31	0,35	233	20-40	Terreno vegetale	SCIOLTO
2	2,60	12	1,79	1,93	31	52	94	0,33	657	40-60	Limo con sabbia	MEDIO
3	4,00	2	1,42	1,87	25	32	18	0,35	139	<20	Paleosuolo	MOLTO SCIOLTO
4	4,60	4	1,51	1,89	27	36	35	0,34	256	20-40	Limo	SCIOLTO
5	5,80	20	1,66	2,08	32	54	104	0,33	694	40-60	Sabbia limosa	MEDIO
6	7,20	13	1,70	2,04	31	49	83	0,33	577	40-60	Limo con sabbia	MEDIO
7	7,80	31	2,01	2,30	34	74	181	0,31	1214	60-80	Sabbia ghiaiosa	ADDENSATO
8	8,40	3	1,47	1,88	25	35	27	0,35	207	<20	Limo	MOLTO SCIOLTO
9	10,80	23	1,98	2,38	33	67	153	0,32	1042	40-60	Sabbia limosa	MEDIO
10	11,20	3	1,45	1,87	25	34	24	0,35	179	<20	Limo	MOLTO SCIOLTO
11	12,20	47	2,15	2,50	37	91	249	0,29	1648	60-80	Sabbia con ghiaia	ADDENSATO

LEGENDA: N = numero medio di colpi della prova SPT; γ = peso unità di volume (t/m³); γ_s = peso unità di volume saturo (t/m³); ϕ = angolo di attrito interno (°); E_d = modulo edometrico (kg/cm²); E_y = modulo di Young (kg/cm²); n = modulo di Poisson; G = Modulo di taglio (kg/cm²); D_r = densità relativa (%).

Come possiamo osservare dalla tabella VI, i terreni granulari di origine piroclastica presentano un'ampia distribuzione spaziale sia in senso orizzontale che verticale, si presentano granulometricamente come sabbie limose debolmente ghiaiose e/o limi sabbiosi debolmente ghiaiosi e raramente argillosi.

La frazione sabbiosa è a luoghi preponderante con percentuali maggiori del 50%, mentre quella limosa oscilla tra il 25-40%; la frazione ghiaiosa è inferiore al 15% ed è costituita da pomici grigie sub-arrotondate, scorie e frammenti litici. La frazione argillosa è presente in deboli percentuali soprattutto nei livelli più pedogenizzati (paleosuoli), che dal punto di vista geotecnico vengono trattati come limi molto sciolti. Trattandosi di materiali d'origine vulcanica di natura vetrosa si hanno valori della porosità totale **P** oscillanti tra il 40 ed il 60%; l'indice dei vuoti "**e**" trova i suoi valori modali tra 1,0 ed 1,8. Il grado di saturazione **S** è molto prossimo all'unità dal momento che la falda freatica soggiace a circa 4 metri di profondità nell'area in studio. Il peso dell'unità di volume in condizioni naturali varia generalmente tra 1,4 e 2,2 g/cm³, mentre può assumere valori inferiori all'unità nei livelli più propriamente pomicei.

Le analisi di laboratorio per i campioni prelevati a 3,00 m di profondità (terreni fondali), confermano la presenza di terreni limo-sabbiosi e sabbio-limosi con piccole percentuali di ghiaia, un peso di volume naturale di 1,53-1,73 g/cm³ circa, un indice dei vuoti "**e**" compreso tra 0,80-1,37, porosità **P** compresa tra 45-58% e un grado di saturazione **S** che si aggira intorno a 80-90%. Per quanto riguarda la deformabilità, abbiamo un angolo di attrito interno (φ) variabile da 27° a 28° circa e una coesione (**c**) molto bassa di circa 0,025-0,030 Kg/cm².

La presenza della falda a circa 4,00 mt dal p.c. introduce una breve considerazione sulla **liquefazione**, fenomeno di riduzione della resistenza al taglio per incremento di pressione interstiziale che si verifica in terreni granulari saturi, inducendo:

- a) deformazioni permanenti significative;
- b) condizioni di tensioni efficaci pressoché nulle con conseguente perdita di resistenza al taglio.

Essa dipende sostanzialmente dall'intensità del sisma, dalle condizioni di saturazione del terreno, dalle sue caratteristiche di resistenza e granulometria.

Mediante lo stesso software Dinamic Probing (tabella VII), è stata effettuata una breve analisi della liquefazione basata sui valori della prova SPT, il cui metodo semplificato di calcolo del potenziale di liquefazione adottato è quello di Seed e Idriss (1971), dove la resistenza del deposito alla liquefazione viene quindi valutata in termini di fattore di resistenza alla liquefazione:

$$FS = CRR / CSR$$

dove CRR (Cyclic Resistance Ratio) indica la resistenza del terreno agli sforzi di taglio ciclico e CSR (Cyclic Stress Ratio) la sollecitazione di taglio massima indotta dal sisma.

Se $FS \leq 1$ si ha liquefazione e se $FS > 1$ non si ha liquefazione (approccio deterministico).

Per quanto riguarda la liquefazione, anche se i litotipi in questione hanno una frazione sabbiosa preponderante, il coefficiente U_c tende a valori elevati, indice di terreni molto assortiti, infatti una curva granulometrica tipo, tenderebbe ad un asintoto orizzontale, fuori dal range di possibile liquefazione, difatti i terreni in falda presentano tutti un fattore $F_s > 1$.

Tabella VII - Fattore di liquefazione F_s secondo Seed & Idriss

Strato	Prof. Strato (m)	Litotipo	F_s
1	1,20	Terreno vegetale	---
2	2,60	Limo con sabbia	---
3	4,00	Paleosuolo	---
4	4,60	Limo	1,58
5	5,80	Sabbia limosa	3,72
6	7,20	Limo con sabbia	2,24
7	7,80	Sabbia ghiaiosa	4,29
8	8,40	Limo	1,58
9	10,80	Sabbia limosa	5,67
10	11,20	Limo	1,57
11	12,20	Sabbia con ghiaia	>10

Ritornando ai parametri geotecnici, nella fase esecutiva con la dovuta approssimazione, ricordando soprattutto che i valori dell'angolo ϕ ricavato sono di solito maggiori di quello di laboratorio, si può ottenere un modello geotecnico, da cui tentare il calcolo del carico ammissibile del terreno fondale ed i cedimenti indotti dai fabbricati da realizzare, considerando gli stati limiti (SLE e SLU) secondo il D.M. 17.01.2018 e gli euro codici (EC7 - EC8).

10. ZONAZIONE DEL TERRITORIO IN PROSPETTIVA SISMICA

Il territorio di BRUSCIANO, oltre a risentire di terremoti vulcanici presenta una esposizione al rischio sismico derivante dalla sua posizione rispetto alla catena appenninica. Questa è, infatti, ancora in fase di prevalente sollevamento rispetto al margine tirrenico caratterizzata dalla presenza di strutture sismogenetiche lungo le quali si distribuiscono la maggior parte dei principali eventi sismici.

La zonazione sismogenetica del territorio nazionale, (Zonazione sismogenetica ZS9) assegna alla Campania più zone sismogenetiche della Catena Appenninica meridionale, principalmente sono coinvolte le zone 925, 926, 927 e 928.

Il territorio Comunale si trova in coincidenza della **zona sismogenetica ZS 927 (Sannio – Irpinia - Basilicata)**. La zona **ZS 927** include l'area caratterizzata dal massimo rilascio di energia legata alla distensione generalizzata, che, a partire da circa 0.7 Ma, ha interessato l'Appennino meridionale (es. Patacca et al.,1990). Il meccanismo di fagliazione individuato per questa zona è normale e le profondità ipocentrali sono comprese tra gli 8 e 12 km, sono previsti, sulla base dei meccanismi focali, valori di massima magnitudo pari a **$M_{wmax} = 7,06$** .

La sismicità storica del territorio comunale può essere desunta dal database delle osservazioni macroscopiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico CPTI15. Il database è stato realizzato nell'ambito delle attività del TTC (Tema Trasversale Coordinato) "Banche dati e metodi macrosismici" dell'INGV, con il contributo del Dipartimento della Protezione Civile. (scaricabile dal sito: <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15/>). Il CPTI15 è l'ultima versione del catalogo, rilasciata nel 2015, a cura di A. Rovida, R. Camassi, P. Gasperini e M. Stucchi, fornisce dati parametrici omogenei, sia macrosismici, sia strumentali, relativi ai terremoti con intensità massima ≥ 5 o magnitudo ≥ 4.0 d'interesse per l'Italia nella finestra temporale 1000-2017 (tabella VIII – Fig.5).

Nella tabella VIII sottostante e in figura 5, sono elencate le osservazioni, aventi la maggiore intensità al sito, disponibili per il territorio comunale; sono indicate oltre alla stessa intensità al sito (I), vari parametri quali, la data (con l'ora esatta in cui si è verificato l'evento), l'intensità massima epicentrale in scala MCS (I_0) e la Magnitudo momento (M_w).

Brusciano

PlaceID IT_59988
 Coordinate (lat, lon) 40.923, 14.426
 Comune (ISTAT 2015) Brusciano
 Provincia Napoli
 Regione Campania
 Numero di eventi riportati 8

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
6	1910	06	07	02	04		Irpinia-Basilicata	376	8	5.76
4	1913	10	04	18	26		Molise	205	7-8	5.35
6	1980	11	23	18	34	5	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
4-5	1991	05	26	12	25	5	Potentino	597	7	5.08
3-4	1996	04	03	13	04	3	Irpinia	557	6	4.90
4	2002	11	01	15	09	0	Molise	638	7	5.72
NF	2003	12	30	05	31	3	Molise	326	4-5	4.53
4	2005	05	21	19	55	1	Area Nolana	271	5	4.07

Tabella VIII - Osservazioni aventi la maggiore intensità al sito per il Comune di Brusciano (NA). Is: Intensità al sito nella scala MCS; Io: Intensità epicentrale nella scala MCS; AE: denominazione dell'area dei maggiori effetti; Mw: Magnitudo Momento.

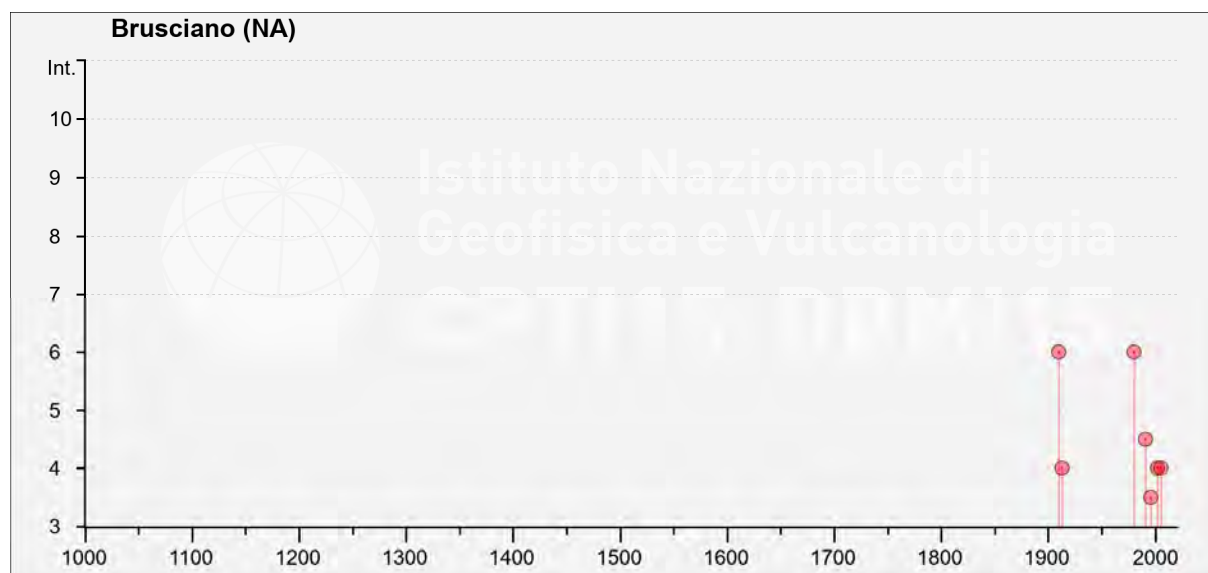


Figura 5 - Storia sismica di Brusciano (NA)

Il territorio comunale, secondo la classificazione del 1981, rientrava in una zona sismica di III categoria ($S = 6$), con D.G.R. n.5447 del 07-11-2002 è stato riclassificato sismico di II categoria ($S = 9$). L'O.P.C.M. n.3274/2003, abolendo il grado di sismicità S , ha previsto per la valutazione preliminare della risposta sismica del sottosuolo, per l'intero territorio italiano:

- I. quattro diversi gradi di pericolosità sismica espressa in termini di accelerazione massima orizzontale al suolo a_g , con probabilità di superamento del 10% in 50 anni;
- II. una classificazione del sottosuolo, in "categorie di suolo di fondazione", basata sulla stima di alcuni parametri fondamentali (V_s , N_{spt} , c_u , profondità del bedrock).

Ad ogni categoria, sono stati attribuiti i valori dei parametri dello spettro di risposta per la stima delle azioni sismiche di progetto.

Il territorio italiano è stato suddiviso in quattro zone contraddistinte da differenti valori di PGA secondo la tabella IX.

Tabella IX

Zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni
1	>0.25
2	$0.15-0.25$
3	$0.05-0.15$
4	<0.05

Tale suddivisione, colloca il comune di BRUSCIANO nella **Zona Sismica 2**.

Le categorie di suolo rientrano in un approccio semplificato e vengono determinate in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio V_s . Tali valori sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche per quelli a grana fine. Nell'attuale versione delle NTC non è più consentito riferirsi al parametro N_{spt30} e Cu_{30} , quindi bisogna utilizzare solo il profilo V_s derivante preferibilmente da misure dirette delle velocità.

In fig.6 si riportano le mappe della sismicità per la Regione Campania.

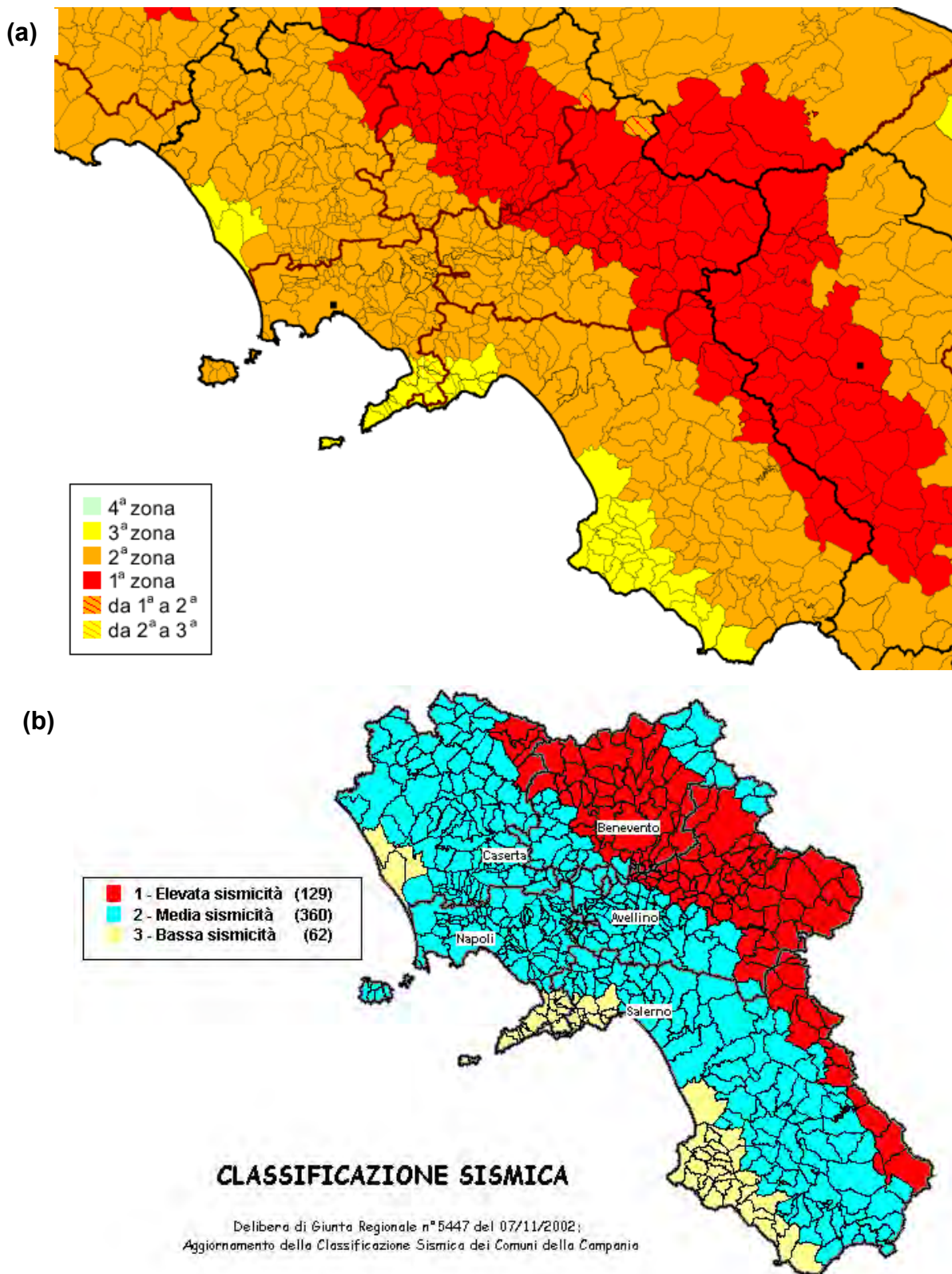


Figura 6 - (a) Classificazione sismica nazionale relativa alla regione Campania. (b) Classificazione sismica del 2002 dei comuni della regione Campania. Zona 1, valore di $ag=0.35g$; Zona 2, valore di $ag=0.25g$; Zona 3, valore di $ag=0.15g$.

Relativamente, invece, a quanto dettato dall'OPCM n°3519 del 28.04.2006, il territorio ove ricade l'area in oggetto, è caratterizzata da valori di pericolosità sismica, per un suolo rigido di categoria "A" (probabilità di superamento del 10% in 50 anni), espressa in termini di accelerazione massima compresa tra 0,150 e 0,175 g (PGA), come riportato nella mappa del territorio nazionale (fig.7), disponibile on-line sul sito dell'INGV di Milano.

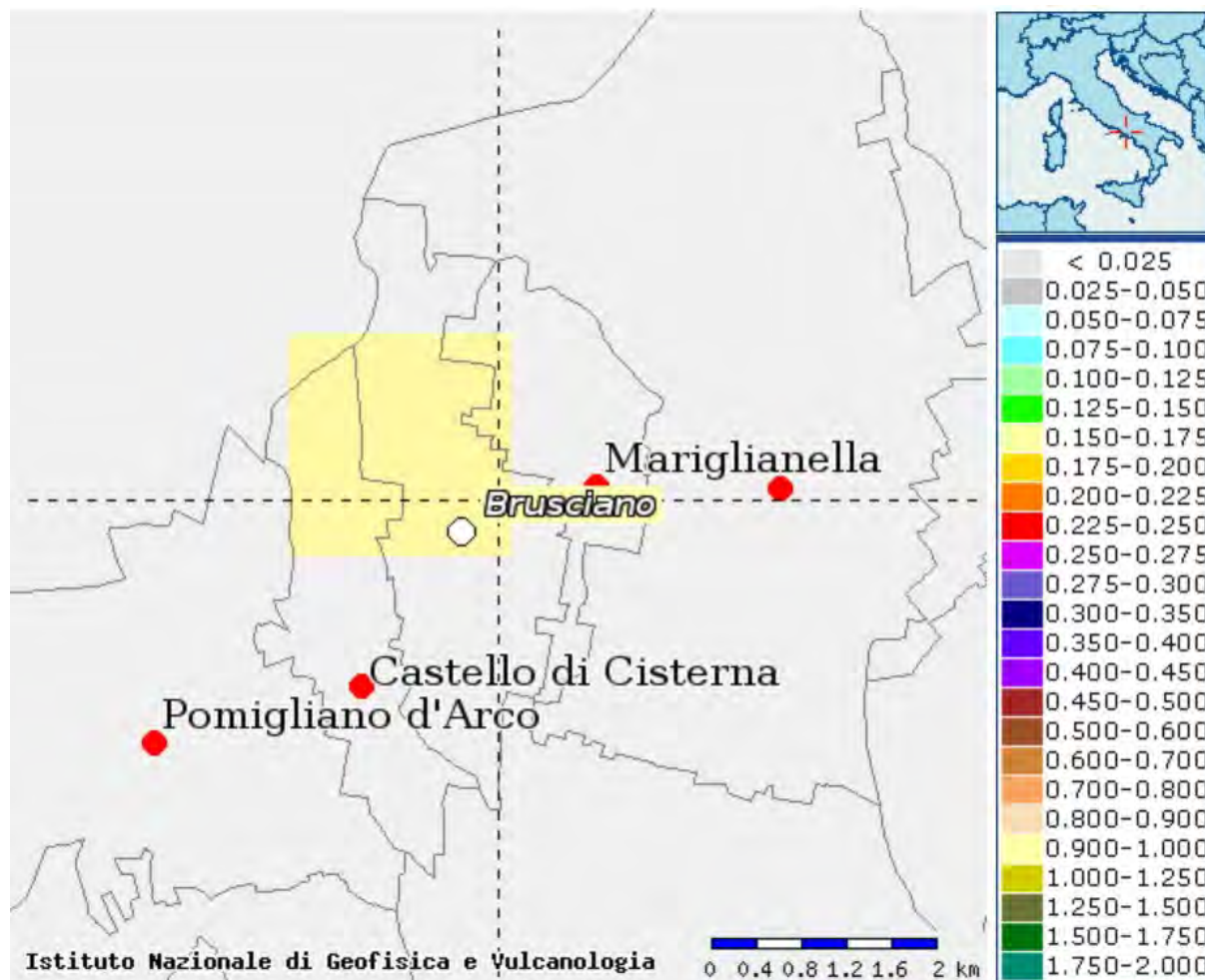


Figura 7 - Mappa di pericolosità sismica redatta a cura dell'INGV di Milano secondo le NTC per le Costruzioni - Punti della griglia riferiti a: parametro dello scuotimento a_g ; probabilità in 50 anni 10%; percentile 50.

Le prospezioni sismiche eseguite, sono state finalizzate alla caratterizzazione sismica dei terreni e all'elaborazione della Carta della "Zonizzazione in prospettiva Sismica" che può essere utilizzata come base della "Microzonazione Sismica", definita: *valutazione della pericolosità sismica locale attraverso l'individuazione di zone del territorio caratterizzate da comportamento sismico omogeneo. In sostanza la MS individua e caratterizza le zone stabili, le zone stabili suscettibili di amplificazione locale del moto sismico e le zone suscettibili di instabilità.*

La microzonazione sismica (MS) è un criterio volto a prevedere e mitigare gli effetti sismici in un territorio di limitata estensione, pertanto le indagini sismiche, hanno lo scopo di riconoscere, a scala di dettaglio, le condizioni di sito (microzone) che possono modificare sensibilmente le caratteristiche del moto sismico atteso (moto sismico di riferimento) o produrre effetti co-sismici rilevanti (fratture, liquefazioni, ecc.). Nel nostro caso sono state individuate zone del territorio che racchiudono un intorno significativo del nostro lotto a comportamento omogeneo dal punto di vista della "pericolosità sismica".

10.1 Caratterizzazione sismica dei terreni

Per la caratterizzazione sismica, come detto in precedenza ai paragrafi 5.1 e 5.2, sono state utilizzate indagini specifiche esistenti ed eseguite, opportunamente ubicate ed interpretate, quali:

- prove sismiche down-hole;
- prove sismiche MASW.

Queste indagini, hanno permesso di definire le velocità delle onde di compressione V_p e di taglio V_s e i parametri elastico-dinamico dei terreni investigati dai sondaggi geognostici, utilizzando i pesi dell'unità di volume ottenuti da prove di laboratorio.

Il valore della velocità delle onde sismiche in un litotipo dipende, come è stato detto, dalla sua rigidità e dalla sua densità. In pratica viene energizzato il terreno mediante una massa battente rilevando, poi, al sismografo i tempi di arrivo degli impulsi. Dalla conoscenza dei tempi di arrivo, è possibile risalire attraverso appositi algoritmi, alla determinazione delle velocità e degli spessori dei livelli sismici individuati. L'indagine geofisica conferma che litologicamente, nella parte più superficiale dei terreni, ci si trova al cospetto di materiali sciolti caratterizzati da velocità sismiche basse, mentre nella parte più profonda all'interno del banco di tufo grigio campano e subordinatamente nel banco lavico, abbiamo velocità sismiche medio-alte.

Le prove sismiche considerate sono:

1. n.2 masw eseguite nel lotto (Ms1 e Ms2);
2. n.1 masw acquisita di via F. Turati (M4);
3. N.2 down-hole consultate di via P. Gobetti (DH2-T2) e via Padula (DH4-T4);
4. N.2 down-hole acquisite di via G. Matteotti (DH3-Pz4) e via V. Bellini (DH4-Pz5).

I valori medi dei risultati delle prove sismiche considerate, attraverso il parametro di riferimento V_s sono stati raggruppati nella seguente tabella:

Tabella X - Valori medi delle V_s calcolate dalle prove sismiche considerate.

Prova sismica in esame	Velocità (V_s in m/s) media nei primi 10 metri.	Velocità (V_s in m/s) media nei primi 30 metri.
MS1	200	273
MS2	190	260
M4	233	300
DH2-T2	195	470
DH4-T4	193	398
DH3-Pz4	258	377 ²
DH4-Pz5	400	458 ³

L'esame dei risultati delle prove sismiche down-hole e delle prove MASW, ha messo in evidenza, valori della velocità delle onde di taglio (V_s) generalmente più bassi per le prove masw realizzate negli stessi litotipi. La discordanza dei suddetti valori è probabilmente legata in via principale alla diversa metodologia di misura utilizzata e subordinatamente a strumentazioni aventi differenti gradi di affidabilità. Inoltre le down-hole DH3-Pz4 e DH4-Pz5, risalgono ad oltre 30 anni fa ed all'epoca furono eseguite in fori di sondaggio di lunghezza pari a 20 metri pertanto non sono attendibili.

Un altro parametro molto utile a descrivere l'influenza delle condizioni del sottosuolo di sito sulla risposta sismica locale è il *periodo proprio del sottosuolo* **Ts**.

Nell'area studiata è stato calcolato il periodo proprio del sottosuolo (spessore 10 metri) con il metodo dello "strato equivalente" riportato nella tabella XI seguente.

Tabella XI - Periodo proprio e frequenza del sottosuolo.

Prova sismica in esame	$T_s = 4H/V_s$ Periodo proprio del sottosuolo (sec)	Frequenza (Hz)
MS1	0,200	5,00
MS2	0,211	4,74
M4	0,172	5,81
DH2-T2	0,206	4,85
DH4-T4	0,208	4,80

Dalla tabella precedente, escluse le prove DH3-Pz4 e DH4-Pz5 del PRG 1988, possiamo affermare che il periodo proprio del sottosuolo dell'area in studio varia tra 0,172 e 0,211 sec. e la frequenza tra 4,74 e 5,81 Hz.

² Valore mediato su 20 metri.

³ " " "

Questi dati mostrano che i valori del periodo proprio del sottosuolo e quelle dei periodi predominanti ($T \approx 0,3-0,4$ sec.) ricavati da due accelerogrammi del terremoto di riferimento (Reg. componente N-S di Torre del Greco effettuata il 23/11/1980 – F.Vinale 1988), sono generalmente disaccoppiati.

Una stima dei principali parametri elastico-dinamici dei complessi geologici cartografati, è riportata nella tabella XII seguente:

Tabella XII - Valori medi dei parametri elastico-dinamici misurati nei litotipi presenti.

Velocità delle onde di taglio V_s (m/s)	Modulo di Young E (Kg/cm ²)	Modulo di taglio G (Kg/cm ²)	Coeff. di Poisson ν	Modulo di Incompressibilità K (Kg/cm ²)
<i>Depositi piroclastici (compresi tra la base dello strato di terreno agrario e il tetto del substrato tufaceo)</i>				
173-236	1419-2773	519 -991	0,37-0,40	1787-4583
<i>Complesso tufaceo da incoerente a semilitoide</i>				
396-410	7782-8610	2885-3088	0,35-0,39	8563-13522

10.2 Elementi di “Microzonazione Sismica”

A partire dalla valutazione del parametro attualmente più significativo (V_s) per congruenza con le disposizioni contenute nell'OPCM 3274 e nel DM 2018, sono state caratterizzate le varie **microzone** tramite il valore relativo ai primi 30 metri di sottosuolo, definendo, così una categoria di suolo media della microzona, successivamente queste zone omogenee sotto il profilo delle V_{s30} , tenendo in debito conto le caratteristiche generali e limiti della litologia affiorante, quali desunti dalla carta geolitologica redatta, sono state suddivise a loro volta in sottozone in cui le condizioni locali possono modificare sensibilmente le caratteristiche del moto sismico atteso o possono produrre deformazioni permanenti rilevanti per le costruzioni e le infrastrutture.

In sostanza, lo studio di MS, così come prevede la **Protezione Civile Nazionale**, tramite propri “**indirizzi e criteri**” viene sintetizzato in una carta del territorio nella quale sono indicate:

1. le zone in cui il moto sismico non viene modificato rispetto a quello atteso in condizioni ideali di roccia rigida e pianeggiante e, pertanto, gli scuotimenti attesi sono equiparati a quelli forniti dagli studi di pericolosità di base;
2. le zone in cui il moto sismico viene modificato rispetto a quello atteso in condizioni ideali di roccia rigida e pianeggiante, a causa delle caratteristiche litostratigrafiche del terreno e/o geomorfologiche del territorio;

3. le zone in cui sono presenti o suscettibili di attivazione fenomeni di deformazione permanente del territorio indotti o innescati dal sisma (instabilità di versante, liquefazioni, fagliazione superficiale, cedimenti differenziali, ecc.).

Nella fase attuativa-esecutiva sono definiti, qualora non indicati dalla componente operativa (PUC): i **livelli di approfondimento necessari per la MS** e i **soggetti realizzatori degli studi di MS**.

Nella componente attuativa-esecutiva devono essere attuate le prescrizioni e regole definite dalla componente operativa riguardanti la mitigazione del rischio per i singoli ambiti e per le aree individuate, sia attraverso l'applicazione della normativa antisismica per la riduzione della vulnerabilità, sia attraverso interventi specifici finalizzati all'eventuale riduzione dell'esposizione.

Nella fattispecie, lo scrivente si è limitato a redigere un studio preliminare di supporto alla microzonazione sismica, basato su indagini sismiche classiche e criteri prettamente geologici.

Il territorio indagato risulta omogeneo dal punto di vista della " V_{s30} ", media ponderale della velocità delle onde sismiche per i primi 30 m (punto 3.2.2 del DM 2018), con fattori di incremento da applicare all'accelerazione sismica relativa allo spettro elastico di ancoraggio come prevista (punto 3.2.3 del DM 2018), che, si riferisce a suoli di fondazione corrispondenti alla categoria A.

Richiamando le considerazioni svolte da Rapolla (2004), per quanto riguarda la possibilità di definire le categorie di suolo dalla conoscenza del numero di colpi della prova SPT (N_{spt}), è opportuno sottolineare che le leggi di correlazione con il valore V_s , che più volte nel passato sono state proposte, presentano ampi margini di incertezza. Le relazioni V_s/N_{spt} disponibili, infatti, risultano diverse a seconda dei vari fattori di influenza e mostrano sempre, come può vedersi dai dati sperimentali e nelle leggi di correlazioni avanzate da vari autori, una notevolissima dispersione dei dati, ovvero un indice di correlazione troppo basso, pertanto anche se la normativa prevede l'utilizzo di queste correlazioni, si è preferito l'indagine sismica. Le NTC 2018 escludono la possibilità di definire le categorie di sottosuolo attraverso le N_{spt30} ma solo sulla base di profili di V_s o in alternativa a correlazioni empiriche anzidette di comprovata affidabilità ma solo per il metodo semplificato.

Le categorie di suolo previste dalla normativa (DM 2018) sono riportate nella seguente Tabella XIII.

Tabella XIII - Categorie Suoli di fondazione per approccio semplificato (da D.M. 17 gennaio 2018).

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

In riferimento a tale schema di sottosuolo è stato calcolato il parametro **V_{s30}**.

L'indagine sismica MASW ha consentito di ricavare il valore della velocità delle onde trasversali in profondità a partire dal piano campagna. Attesi i risultati ottenuti, riportati nell'elaborato DG.02 e sulla base della conoscenza del modello geologico di sito, in ossequio alle disposizioni citate nel paragrafo 3.2.2. del DM 17 gennaio 2018, la risposta sismica locale può essere valutata, ai fini della definizione dell'azione sismica, utilizzando un approccio semplificato. In particolare, la classificazione del sottosuolo di sito può essere ottenuta attraverso la relazione di calcolo del V_{s eq}:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}} \quad [3.2.1]$$

con:

- h_i spessore dell'i-esimo strato;
- $V_{s,i}$ velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
- N numero di strati;
- H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

E' però d'uopo precisare che poiché nel sito in esame i risultati della prova sismica eseguita evidenziano che non è stato intercettato un bedrock sismico (caratterizzato da V_s maggiori di 800 m/sec) la stima del V_s equivalente in questo caso si riconduce alla stima del parametro (V_{s30}) così come già proposto nel DM 14 gennaio 2008.

In particolare, la V_{S30} è calcolata mediante la seguente espressione:

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1, N} \frac{h_i}{V_i}} \quad (1)$$

con h_i = spessore dello strato i-esimo; V_i = velocità dell'onda di taglio i-esima e N = numero degli strati.

Per raggiungere lo scopo prefisso sono stati considerati i dati utilizzati per la caratterizzazione sismica relativa alle prove riportate nella tabella XI. Dall'interpretazione dei profili sismici, si sono ricavate informazioni, circa gli spessori dei litotipi e le velocità riscontrate nell'area, riassunti nelle tabelle seguenti:

Profilo 1 (Ms1) - CER 7

Vs (m/sec)	173	236	410
Spessore (m)	4,60	3,30	22,1
Profondità (m)	4,60	7,90	30,0

Profilo 2 (Ms2) - CER 7

Vs (m/sec)	179	204	396
Spessore (m)	5,90	1,80	22,4
Profondità (m)	5,90	7,70	30,0

Profilo 3 (M4) - Via F. Turati

Vs (m/sec)	100	220	380	500
Spessore (m)	2,00	6,00	14,0	-
Profondità (m)	2,00	8,00	22,0	-

Profilo 4 (DH2-T2) - Via P. Gobetti

Vs (m/sec)	133	293	646
Spessore (m)	6,00	4,00	20,0
Profondità (m)	6,00	10,0	30,0

Profilo 5 (DH4-T4) - Via Padula

Vs (m/sec)	112	258	586
Spessore (m)	4,00	6,00	20,0
Profondità (m)	4,00	10,0	30,0

sono state ottenute le seguenti categoria di suolo di fondazione, riportate in tabella XIV.

Tabella XIV - Categorie ottenute (da D.M. 17 gennaio 2018).

Profilo sismico	Vs30	Categoria di suolo
1	317	C
2	307	C
3	327	C
4	334	C
5	322	C

I dati ottenuti circa i suoli di fondazione indicano che l'intorno significativo individuato per il CER 7, ricade nella **categoria C con un fattore di incremento (fattore correttivo come da normativa) pari a 1,25**, il cui profilo stratigrafico è descritto nella tabella XIII.

Sulla scorta di questi dati ottenuti dalle prove sismiche, integrando gli stessi con le risultanze di tutte le altre prospezioni sismiche esistenti nell'area in oggetto, tenendo conto delle differenti caratteristiche geolitologiche, geosismiche e geotecniche caratterizzanti in media gli affioramenti e le stratigrafie arealmente significative, si è realizzata la "Carta della Zonizzazione in Prospettiva Sismica" (G.06), in cui l'intorno è stato suddiviso in **due zone**, denominate 1 e 2 che secondo i criteri della Protezione Civile possono essere definite: **zone stabili suscettibili ad amplificazioni locali prevalentemente per effetti stratigrafici, assimilabili al comportamento del Suolo di tipo "C" (O.P.C.M. 3274/2003, ICMS 2008 e D.M. 17-01-2018).**

Le differenze tra le varie zone individuate si basano su criteri litologici, considerando la presenza entro 30 metri dal p.c. di un'eventuale litotipo che possa fungere da bedrock sismico, nel nostro caso abbiamo il tufo campano semilitoide (che non sempre ha tali caratteristiche) e le lave del Somma. Il comparto residenziale si ritrova nella zona 1, ove il basamento tufaceo più rigido non è sempre presente, mentre nella zona 2 di solito prima del deposito tufaceo si rinviene la lava tefrite leucitica di spessore variabile da 1,0 a 10,0 mt.

Dal punto di vista applicativo risulta, dai dati elaborati, che il treno di onde sismiche nel passaggio attraverso i terreni del substrato subisce un fattore di amplificazione proporzionale alle caratteristiche elastiche del mezzo attraversato. I terreni di copertura più superficiali, aerati ed umificati (in genere i primi due metri di spessore), risultano molto scadenti dal punto di vista geotecnico per cui se ne consiglia sempre l'asportazione in caso di nuove costruzioni. Le maggiori amplificazioni del treno di onde sismiche si registrano nell'attraversamento dal substrato tufaceo e/o lavico (strato più rigido) al complesso piroclastico superficiale (strato meno rigido), nel nostro caso si può ipotizzare una maggiore amplificazione nella zona 2.

Infine si ribadisce che il presente studio di microzonazione, resta comunque una zonazione preliminare che serve ad orientare le scelte di destinazione d'uso delle aree in cui dovranno, però, effettuarsi indagini più dettagliate necessarie per la caratterizzazione geofisica del singolo sito, ovvero studi di Risposta Sismica Locale e/o microzonazione di livello 1 e superiore.

11. CONCLUSIONI

La scelta urbanistica, oggetto della redazione del presente PUA di via G. Saragat, identificato catastalmente dalle particelle catastali: 21-2712-2751-2752-2752-2753-2754-3577-3576 del foglio 4 e dalla particella 141 del foglio 3, risulta compatibile con gli ambiti geologici investigati nel presente studio. Questo, anche se finalizzato alla redazione di un piano attuativo ha comunque un carattere generale di orientamento ed indirizzo, seppur specialistico e specifico, nei confronti della suscettività d'uso dei vari ambiti geologici, quindi, si rimanda alle fasi successive di questo livello di pianificazione (realizzazione di interventi edilizi puntuali), per l'esecuzione di opportuni rilevamenti sia di superficie che attraverso l'ausilio di indagini geognostiche per caratterizzare la litostratigrafia locale, gli aspetti geotecnici del volume significativo del sottosuolo investito dalle strutture, la risposta sismica del singolo sito con l'individuazione dei fattori di amplificazione delle onde sismiche. La realizzazione di questo lavoro si è avvalsa di studi bibliografici, dati preesistenti, attività conoscitiva ed investigativa, rilevamenti geologici, geomorfologici, idrogeologici, nonché ampie ed esaurienti indagini dirette ed indirette sia di tipo geognostico che di carattere interdisciplinare, ciò all'uopo di ottenere un esauriente e completa fonte di dati per la stesura del modello geologico e per l'ottemperanza delle caratteristiche geologiche richieste dalle norme vigenti e dalle più moderne disposizioni di tecniche geologiche.

Tutte queste informazioni con il supporto di analisi aereofotogrammetriche sono state utilizzate per la redazione attraverso software GIS, dei seguenti elaborati cartografici di base previsti dalla normativa regionale:

- Carta Geolitologica;
- Carta Idrogeologica;
- Carta Geomorfologia e della Stabilità;
- Carta di zonazione del territorio in prospettiva sismica.

Per meglio individuare l'area oggetto della Lottizzazione e comprendere ed interpretare la campagna di indagini dirette ed indirette svolta sull'area, consistita in indagini pregresse e programmate nell'ambito del presente studio, sono state elaborate ulteriori cartografie, ossia:

- Carta Inquadrimento Territoriale.
- Carta Ubicazione Indagini Geognostiche;
- Stralcio Carta Ubicazione Prove (PUC vigente).

La lettura degli elaborati in questione ha consentito di giungere alla conclusione con le seguenti affermazioni.

L'assetto geomorfologico dell'area di studio permette d'inquadrarla in un settore di pianura con scarsa pendenza. Le linee geostrutturali di una certa importanza si identificano nelle faglie dirette che si registrano in corrispondenza dei rilievi carbonatici circostanti. Si rileva l'assenza di strutture tettoniche di primaria importanza

Il reticolo idrografico del territorio ricade nel bacino dei Regi Lagni, il canale principale di Bonifica è posto molto più a Nord rispetto all'area di studio, esso raccoglie le acque in ramificazioni secondarie, quali l'Alveo Campagna e continua, fino alla foce situata a Sud del Volturo.

Il territorio studiato è da considerarsi in linea generale stabile dal punto di vista geomorfologico e idraulico; i rilievi effettuati hanno permesso di appurare la mancanza di fenomeni idrogeologici che possano evolvere verso situazioni di instabilità reale, tuttavia nella area di sedime sarà necessaria provvedere al convogliamento razionale delle acque meteoriche nella rete fognaria bianca, onde evitare soprattutto rischi di erosione dei terreni superficiali e del sottosuolo, che in tutto il territorio sono facilmente erodibili.

Dal punto di vista idrogeologico, l'area si distingue per la presenza di due complessi idrogeologici dalle caratteristiche di conducibilità idraulica leggermente differenti.

La falda si rinviene ad una profondità poco variabile tra 3,80 e 4,10 metri dalla superficie topografica a seconda della quota altimetrica del piano campagna. Questa è alimentata oltre che dagli apporti zenitali anche da cospicui travasi idrici sotterranei provenienti dai massicci carbonatici. La profondità della falda acquifera potrebbe influenzare l'amplificazione sismica del sito, mediante la **liquefazione** dei litotipi, la quale a queste condizioni secondo normativa andrebbe verificata, ma in considerazione del tipo di granulometria che indica terreni con un'ampia distribuzione spaziale sia in senso orizzontale che verticale, il grado di assortimento esclude la verifica.

I rilievi geologici e geomorfologici, integrati da opportune indagini atte a valutare il comportamento litodinamico dei litotipi costituenti il territorio indagato, in caso di sisma, hanno permesso di cartografare due zone omogenee, appartenenti ad un'unica categoria di suolo di fondazione (suolo C), definite secondo i criteri della MS dettati dalla Protezione Civile: **zone stabili suscettibili ad amplificazione locale per effetti stratigrafici**, dipendenti dalla natura geologica del terreno, che rientra nella definizione dell'azione sismica di progetto, di cui si deve tener conto nei calcoli per una struttura da edificarsi in zona sismica. **Pertanto nella fase esecutiva si rende necessario uno studio di RSL anche in funzione delle diverse possibili scelte localizzative.**

Inoltre, bisogna assolutamente, tenere lontano il periodo di vibrazione dei manufatti che si andranno a realizzare e quello proprio del sottosuolo (vedi tabella XI) per evitare problemi di risonanza di sito.

In definitiva, sempre in chiave di rischio geomorfologico potenziale l'area d'intervento non è soggetta a vincoli di rischio idrogeologico da parte degli studi effettuati nel P.S.A.I. dell'ex Autorità di Bacino Campania Centrale della Regione Campania, non rientra in fasce di rischio vulcanico molto elevato ma nella zona gialla, mentre rientra in una **zona sismica 2** con una accelerazione massima orizzontale attesa pari a **0,25g**.

Tanto dovevasi per l'incarico ricevuto.

Mariglianella – NA // 20-04-2020

IL GEOLOGO incaricato
dott. Carmine Negri Cerciello

(ISCRITTO ALL'ORDINE DEI GEOLOGI DELLA REGIONE CAMPANIA AL N.2134)



STUDIO di GEOLOGIA - Dr. Carmine Negri Cerciello
Via G. Galilei n.16 – 80030 – MARIGLIANELLA (NA)
☎/Fax 081-8413658 Cell. 328-5463455
e-mail carmine.nc@libero.it **PEC** carmine.nc@pec.it
<https://www.carminenegrircerciello.it>