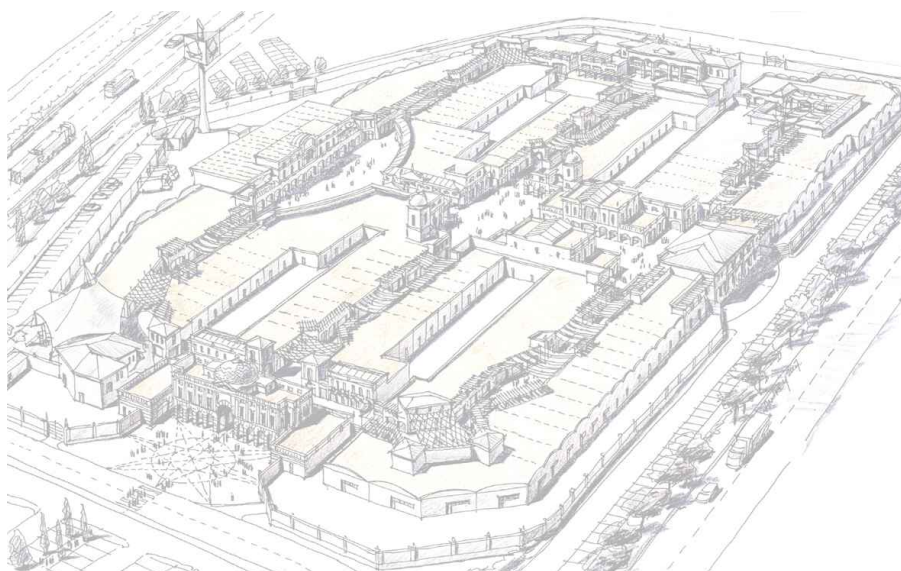




COMUNE DI MARCIANISE
PROVINCIA DI CASERTA



Variante in ampliamento al Piano Urbanistico Attuativo (PUA)
approvato con delibera di G.M. n. 111 del 12/12/2013
Integrazione documentale all'istanza prot. n. 22160 del 24/04/2023

COMMITTENTE

**CAPRI DUE
OUTLET S.r.l.**

VIA Ponte di piscina Cupa 64
00128 Roma

PROGETTISTI



Dir. Tec. (Art. 53 D.P.R. 554 21 Dic. 1999)
Dott. Ing. Pietro Bruscoli
Ordine Ingegneri di Firenze n. 3894

Dott. Ing. Paolo Giustiniani
Dott. Arch. Andrei Perekhodtsev
Dott. Ing. Leonardo Furia
Dott. Arch. Andrea Colzi

PROGETTISTA E PRESENTAZIONE PRATICA

Dott. Arch. Domenico Di Carluccio
Via Gemma 42, 81025 Marcianise CE

CONSULENZA GEOLOGICA

Dott. Massimo Scaldarella
via San Giuliano, 116, 81025
Marcianise CE

ELABORATO N.

DG03b

RELAZIONE GEOLOGICA 2/3

SCALA

RESPONSABILE DI COMMESSA
Dott. Ing. Leonardo Furia

DATA PRIMA EMISSIONE
Maggio 2024

COMMESSA
ED571

REDDATTO
HYDEA

REVISIONE
A

DATA
Maggio 2024

HYDEA S.p.A.
via del Rosso Fiorentino 2g
50142 Firenze | Italia

UNI EN ISO 9001:2015
Certificato n. 9175-HYDE
Sistemi Qualità Aziendali
UNI EN ISO 14001:2015
Certificato n. 1474:2018
Sistema di Gestione Ambientale
UNI EN ISO 45001:2018
Certificato n. 1423:2021
Sistema di Gestione per la Salute e Sicurezza sul Lavoro



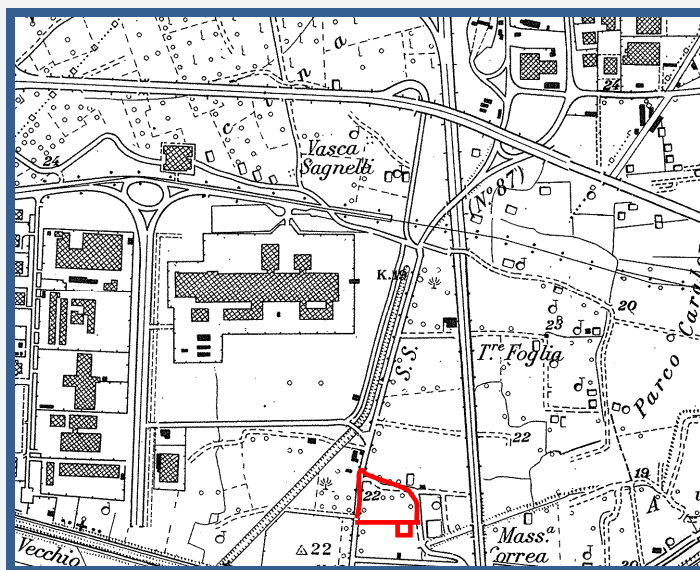
COMUNE DI MARCIANISE

Provincia di Caserta

Oggetto: Variante al Piano di Lottizzazione “Centro Alberghiero – Commerciale” approvato con Delibera di G.M. n° 297 del 07/06/2005 e pubblicato sul Burc della Regione Campania n° 5 dell’08/06/2005. Ai sensi della L.R. n° 16 del 22/12/2004.

Committente: Capridue Outlet s.r.l.

RELAZIONE GEOLOGICA



Settembre 2010

Il Geologo

Dott. Massimo Scaldarella

Dott. Geol. Massimo Scaldarella

Via S. Giuliano n° 118 - 81025 MARCIANISE (CE) - Tel./fax : 0823 839410 – Cell. 339 72.45.591 - E-mail: mscaldarella@libero.it

NDICE

	Pagina
1. PREMESSA.....	2
2. METODI DI STUDIO.....	3
3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DELL'AREA.....	6
4. GEOLOGIA DELL'AREA.....	8
5. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E MORFOLOGICHE.....	11
6. IDROGEOLOGIA.....	13
7. PROGRAMMA D'INDAGINE.....	17
7.1 SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO.....	18
7.2 PRELIEVO DI CAMPIONI INDISTURBATI.....	20
7.3 PROVE SPT (Standard Penetration Test).....	20
7.4 INDAGINE GEOFISICA.....	22
7.5 ANALISI GEOTECNICHE DI LABORATORIO.....	25
7.6 FINALITA' DELLE INDAGINI.....	26
8. CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA E GEOTECNICA.....	28
9. VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE.....	31
10. CONSIDERAZIONI SULLA SISMICITÀ DELL'AREA.....	33
11. CONCLUSIONI.....	39

ALLEGATI:

- TAV 1 – Corografia dell'area in studio – scala 1:25.000
- TAV 2 – Stralcio cartografico Marcianise – area Outlet
- TAV 3 – Ubicazione delle indagini – scala 1:2.000
- TAV 4 – Carta Geolitologica – scala 1:2.000
- TAV 5 – Carta Geomorfologica e della Stabilità – scala 1:2.000
- TAV 5.1 – Stralcio del P.S.A.I. ADB Nord-Occidentale della Campania – scala schematica
- TAV 6 – Carta Idrogeologica – scala 1:2.000
- TAV 7 – Carta della Zonizzazione Sismica del Territorio – scala 1:2.000
- TAV 8 – Carta delle Sezioni Geolitologiche – scala schematica
- TAV 9 – Verifica a liquefazione
- Indagini geognostiche I.Geo. s.a.s.

1. Premessa

Nel mese di Luglio 2010 il sottoscritto geologo Dott. Massimo Scaldarella, iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione Campania con N° 1991, ha ricevuto incarico dalla ditta "Capridue Outlet s.r.l." di redigere una relazione geologica, come prevede la normativa vigente, per la Variante al Piano di Lottizzazione "Centro Alberghiero - Commerciale" nel comune di Marcianise (CE).

Accettato l'incarico e presa visione dell'opera progettuale, il relazionante si è recato sul sito al fine di riconoscere la situazione litostratigrafica locale, di definire l'origine e la natura dei litotipi affioranti, il loro stato di alterazione e degradabilità, la consistenza, il volume significativo, lo schema di circolazione idrica superficiale e sotterranea, i lineamenti morfologici e i dissesti in atto o potenziali, così come richiesto dal D.M. 11/03/1988 e dalla L.R. N.9/83.

Per determinare la geologia locale dell'area oggetto di studio nel contesto regionale, il relazionante ha integrato i dati in suo possesso con una ricerca bibliografica sulla letteratura geologica esistente; ciò ha permesso una prima acquisizione di informazioni, dati e conoscenze che hanno consentito la programmazione e la conduzione del lavoro.

L'indagine è stata espletata in osservanza delle vigenti normative per aree sismiche:

- **LEGGE REGIONALE 7 GENNAIO 1983 N. 9** - Norme per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di difesa del territorio dal rischio sismico.
- **LEGGE 02 FEBBRAIO 1974, N. 64** - Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- **D.M. 07 GENNAIO 1981, N. 9** - Norme per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di difesa del territorio dal rischio sismico.
- **D.M. 11 MARZO 1988** - Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le

prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

- **D.M. 16 GENNAIO 1996** - Criteri generali per la verifica della sicurezza delle costruzioni e dei carichi e dei sovraccarichi.
- **DELIBERAZIONE N. 5447 GIUNTA REGIONALE DELLA CAMPANIA DEL 07 NOVEMBRE 2002** - Aggiornamento della classificazione sismica dei comuni della Regione Campania.
- **ORD. P.C.M. 3274 DEL 20 MARZO 2003** – Normativa Sismica Nazionale.
- **PIANO REGOLATORE GENERALE COMUNE DI MARCIANISE** – Relazione Geologico - Tecnica, indagini e relativi allegati.

2. Metodi di studio

Per determinare la geologia locale dell'area oggetto di studio, nel contesto regionale, il relazionante ha integrato i dati in suo possesso con una ricerca bibliografica sulla letteratura geologica esistente; ciò ha permesso una prima acquisizione di informazioni, dati e conoscenze che hanno consentito la programmazione e la conduzione del lavoro.

Dopo un attento esame dei luoghi ed un rilevamento geologico di dettaglio, sono state esaminate le possibili informazioni da estrapolare in zona e sono stati verificati:

- la situazione litostratigrafica locale, l'origine e la natura dei litotipi presenti in zona;
- i lineamenti geomorfologici e morfologici, inseriti nel contesto geologico strutturale regionale e locale;
- i dissesti in atto o potenziali tenendo in considerazione la "Carta Degli Scenari Del Rischio" (Piano Stralcio per la Rimozione delle Situazioni a rischio più alto Autorità

di Bacino Nord-Occidentale della Campania);

- lo schema di circolazione idrica superficiale e sotterranea.

Sono state altresì realizzate indagini dirette per risalire alle condizioni litostratigrafiche superficiali e per definire le caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni, per recepire i parametri geotecnici e per verificare la distribuzione spaziale e i rapporti stratigrafico – strutturali tra le formazioni presenti nell’area di interesse, attraverso:

- a. **Rilevamento geologico** di dettaglio (scala 1: 5.000), dell’area di interesse e delle aree limitrofe;
- b. **Ricerca ed acquisizione dati** da studi ed indagini eseguite in zona e nelle aree limitrofe con litotipi congruenti;
- c. **Esecuzione di N. 4 sondaggio a carotaggio continuo**, fino ad una profondità di 34,00 mt. dal piano campagna, per acquisire una precisa stratigrafia del sottosuolo, la posizione e la natura delle eventuali discontinuità presenti;
- d. **Esecuzione di N. 12 S.P.T. (Standard Penetration Test) in foro**, per ottenere valori quantitativi sulla consistenza e sulla resistenza alla compressione semplice e alla penetrazione del suolo;
- e. **Esecuzione di N. 2 indagine sismica Down-Hole**, per un’ottimale comprensione delle caratteristiche dei suoli, riportando tutti i risultati qualitativi e quantitativi evidenziati, per acquisire una stratigrafia del sottosuolo, la posizione e la natura delle eventuali discontinuità presenti di supporto alle indagini dirette;
- f. **N. 4 Analisi e prove di laboratorio geotecnico**, per una corretta descrizione litologica, per determinare le caratteristiche fisiche e meccaniche attraverso l’analisi granulometrica, prova di taglio e l’esecuzione di n. 4 prove edometriche.
- g. **Censimento dei pozzi** esistenti in zona, con freatimetro elettrico, per individuare il livello piezometrico.

I risultati delle ricerche, dei rilevamenti geologici e di tutto quanto precedentemente elencato sono parte integrante (Vedi Allegati e Tavole) per le deduzioni geologico – tecniche ed idrogeologiche del presente studio.

Dopo un attento esame dei luoghi ed una campagna di rilevamento geologico di dettaglio (scala 1:5.000), sono state esaminate tutte le informazioni da estrapolare in un contesto a bassa urbanizzazione.

Si è cercato, inoltre, di verificare la distribuzione spaziale e i rapporti stratigrafico-strutturali esistenti tra le formazioni presenti attraverso la correlazione tra il rilevamento geologico e l'elaborazione delle indagini geognostiche eseguite nell'area precedentemente e le indagini eseguite per la Variante al P.R.G..

La presente relazione è stata consegnata in n. 5 copie alla Capridue Outlet s.r.l. nel mese di Settembre 2010.

3. Inquadramento geografico dell'area

L'area interessata alle opere in progetto ricade nel territorio Comunale di Marciarianise (CE), meglio individuabile nella Tavola 16 "Santa Maria Capua Vetere" riferito al rilievo fotogrammetrico pubblicato nel 1987 alla scala 1:25.000 della Carta Tecnica Programmatica Regionale (cfr. figura 1).

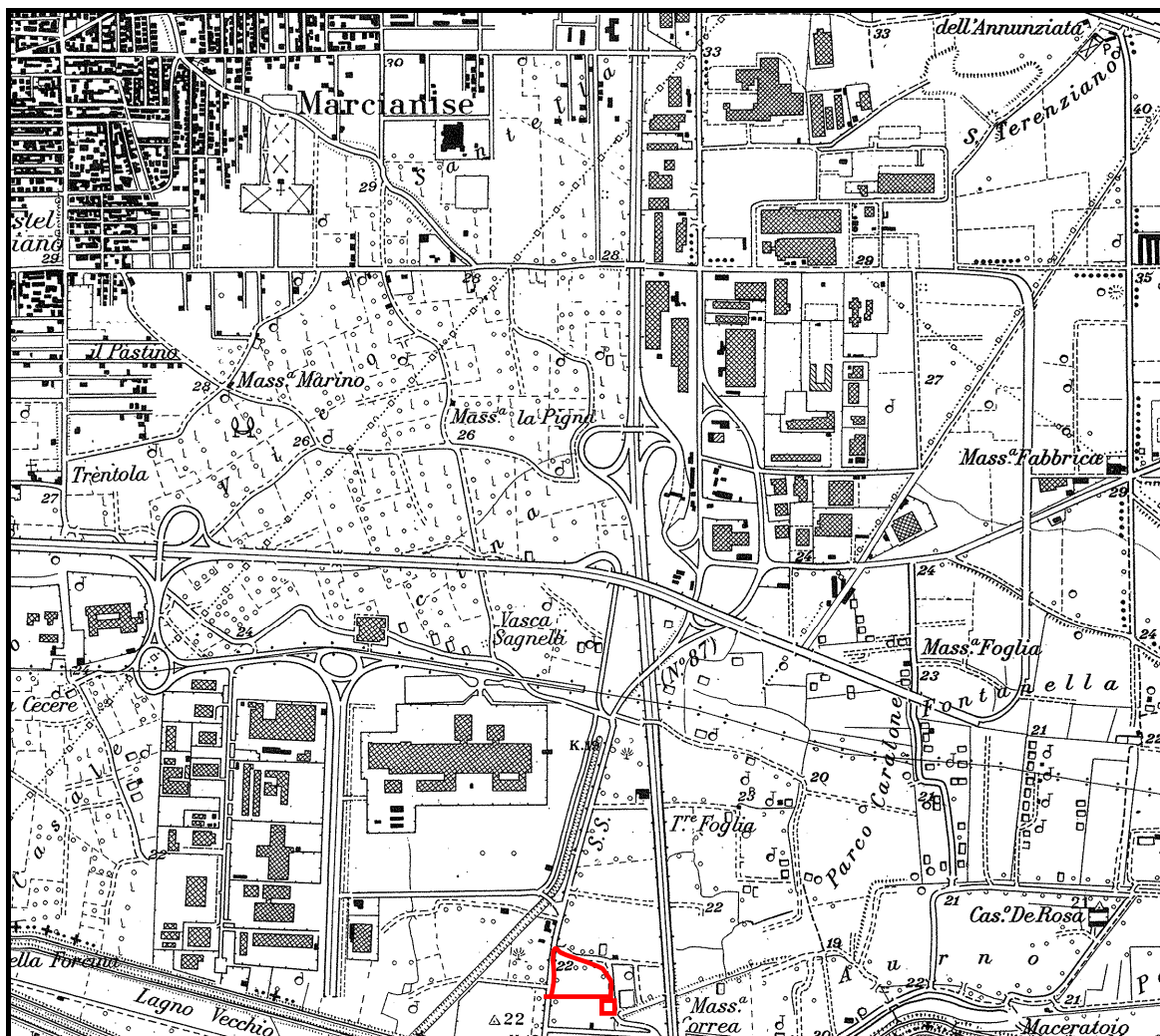


Figura 1 – Stralcio della Carta Programmatica Regionale



Area interessata

La zona oggetto di studio rientra nel Foglio 172 "Caserta" in scala 1:100.000 ed è situata nella Piana Campana.

L'area oggetto del presente studio è situata in una zona pianeggiante, ad sud-est del centro urbano di Marcianise, ad una quota topografica media di circa 20.00 – 22.00 metri s.l.m. (Stralci aerofotogrammetrici di Marcianise in scala 1:25.000 e 1:5.000 con area in studio).

Essa confina ad Est con l'Autostrada A1 ed ad Ovest con la S.S. 265 e ricade nell'ambito del bacino idrografico dei Regi Lagni, infatti dista da essi a poco meno di 500 m, rientrando nelle competenze dell'Autorità di Bacino Nord-Occidentale della Campania. Detta area comunque risulta fuori da qualsiasi perimetrazione di rischio sia idraulico che da frana definite di recente nel PSAI (*tavola n° 5.1 allegata*).



area in oggetto



Sabbie e limi grigi e giallastri, stratificati, incoerenti, terreni umiferi, minuto detrito calcareo in vicinanza dei rilievi, lenti di ciottolini fluviali misti con sabbie augitiche, lenti di lapilli e pomici rimaneggiate e di piccole dimensioni; lenti travertinose a SW di Riardo e travertini a Sud di Maddaloni (tr).

Figura 2 - Stralcio della Carta Geologica d'Italia - Foglio 172 – “Caserta”



Figura 3 – Immagine Google Earth con ubicazione area

4. Morfologia e geologia dell'area

II territorio oggetto di interesse ricade nel II° quadrante Sud-Ovest del foglio I.G.M. n° 172 "Santa Maria Capua Vetere" in scala 1:25.000 e rientra in quella vasta area pianeggiante attraversata dal basso Volturno nota come Piana Campana. Essa è delimitata a Nord dai gruppi montuosi del Roccamonfina e del M.te Massico, a Nord-Est dai M.ti del Casertano (gruppo del M.te Maggiore - M.te Tifata) e del Nolano, a Sud-Est

dal complesso vulcanico Somma Vesuvio e a Sud dai rilievi Flegrei.

Come detto, la Piana Campana, da un punto di vista strutturale, rappresenta un *graben* delimitatosi durante il Pliocene superiore e successivamente ribassato.

Tale *graben* è stato colmato per circa 3.000 metri, da depositi alluvionali con frequenti episodi marini e palustri e da depositi quaternari prevalentemente piroclastici, come accertato da sondaggi profondi eseguiti per ricerche di idrocarburi. I sedimenti alluvionali si presentano in successioni di livelli di diversa natura litologica e granulometrica con alternanze di limi sabbiosi e argille limose in prevalenza e con andamento spesso lenticolare.

Per quel che riguarda i rilievi carbonatici, che bordano il lato orientale della Piana Campana, essi fanno parte di una successione stratigrafica continua di età compresa tra il Trias superiore e il Cretacico superiore.

In particolare i termini più antichi si rinvencono solo nelle propaggini occidentali dei rilievi dove affiorano in massima parte dolomie e calcari dolomitici, calcari avana e grigi di età compresa tra il Trias Superiore e il Malm Superiore. I rimanenti rilievi sono invece costituiti interamente da calcari cretacei.

Lungo il bordo occidentale delle dorsali carbonatiche si sviluppano una serie di faglie dirette che hanno prodotto l'approfondimento progressivo verso Ovest di zolle carbonati che su cui si è venuto ad instaurare un dominio prevalentemente marino che ha determinato, nel Pliocene, una lunga fase di sedimentazione, compensata da una parallela progressiva subsidenza.

Con l'esaurirsi della fase distensiva e subsidente, nel Pleistocene si è sviluppata una intensa attività vulcanica di natura prevalentemente esplosiva (Vesuvio, Campi Flegrei e Roccamonfina) che ha portato alla deposizione di enormi quantità di materiali piroclastici, con il passaggio dal dominio marino ad uno fluvio-lacustre e quindi a quello sub-aereo.

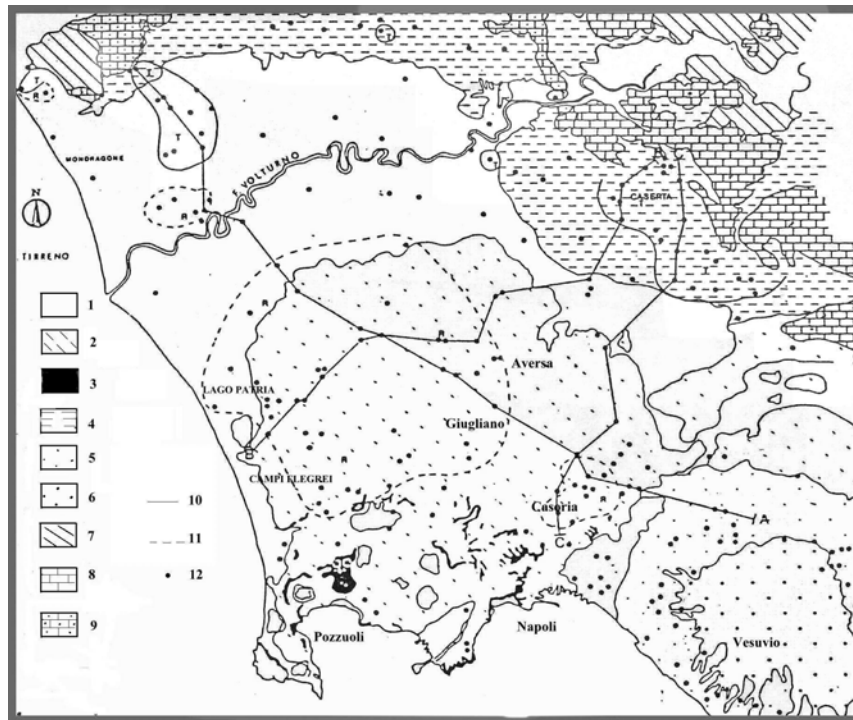


Figura 4 – Schema geologico della Piana Campana (da Ortolani & Aprile, 1985)

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;

I prodotti piroclastici che afferiscono alle attività vulcaniche degli apparati vulcanici sopraccitati sono caratterizzati prevalentemente da ceneri, pozzolane, lapilli e ignimbriti e, in subordine, da colate laviche.

Tra i prodotti vulcanici maggiormente presenti in affioramento nella Piana Campana, si individua l'Ignimbrite campana (Pleistocene), che si presenta sia in facies di tufo giallo che in facies di tufo grigio, talora con fessurazioni prismatico colonnari.

Il grado di cementazione di questo materiale è elevato nella parte alta, dove sono presenti pomici e scorie nere, anche di grosse dimensioni, e più ridotto in profondità, ove il litotipo assume le caratteristiche di una sabbia compatta.

Verso Sud, ove rientra l'area in oggetto, in prossimità dei Regi Lagni l'Ignimbrite campana

passa a depositi alluvionali dell'Olocene, costituiti da sabbie e limi inglobanti lenti di ciottoli fluviali e di lapilli, oltre che pomici rimaneggiate e livelli di torba.

5. Inquadramento morfologico

L'area dell'intero territorio comunale è localizzata nel settore nord-orientale dell'unità morfologica della Piana Campana, in una zona subpianeggiante con pendenze orientabili verso sud-est e priva di qualsivoglia segno di disequilibrio passato in atto o potenziale, riferibile a processi morfoevolutivi a rapido decorso.

Infatti, nell'area di studio e nelle aree limitrofe, non sono stati rilevati fenomeni d'erosione superficiale o di dissesti potenziali, né in atto né futuri, né sono da temersi eventuali rischi di liquefazione delle sabbie, vista la natura dei terreni, le loro caratteristiche granulometriche e la caratteristica della circolazione idrica negli strati superficiali dei terreni investigati.

Dall'esame della cartografia esistente e dallo studio del rilievo aerofotogrammetrico, la morfologia dell'area comunale si presenta all'incirca pianeggiante con quote altimetriche intorno ai 20-22 m s.l.m. sul livello medio del mare in corrispondenza dell'autostrada del sole (A1) verso Nord-Est.

Modesti sono i valori di pendenza che non superano mai il 2-3 %, sicché, per fatti puramente morfologici si contragga del territorio l'idea della stabilità, evidenziata dall'assenza di segni morfologici particolari, dai quali derivare cause per processi a rapida evoluzione.

La soluzione morfologica di tale assetto è realizzata molto a distanza dalle aree studiate e riguarda le forme più aspre dei primi contrafforti preappenninici che bordano ad oriente la Piana Casertana.

Il modello morfotettonico nel quale si ritrova l'area indicata è quello della struttura della Conca Campana, lobo Casertano. Faglie di tipo diretto e con rigetti potentissimi hanno determinato la subsidenza geologica della vasta pianura aperta fra il Monte Massico (Fiume Garigliano) ed i Campi Flegrei.

Dette faglie, approfondendo i pezzi di piattaforma carbonatica preesistente, hanno determinato un "graben" a rapido approfondimento, compensato da una sedimentazione marina, pure di tipo carbonatico, interrotta, a fase parossistica conclusa, da altro tipo di sedimentazione, avvenuta a carico dei distretti vulcanici di zona (Vesuvio – Campi Flegrei – Roccamonfina).

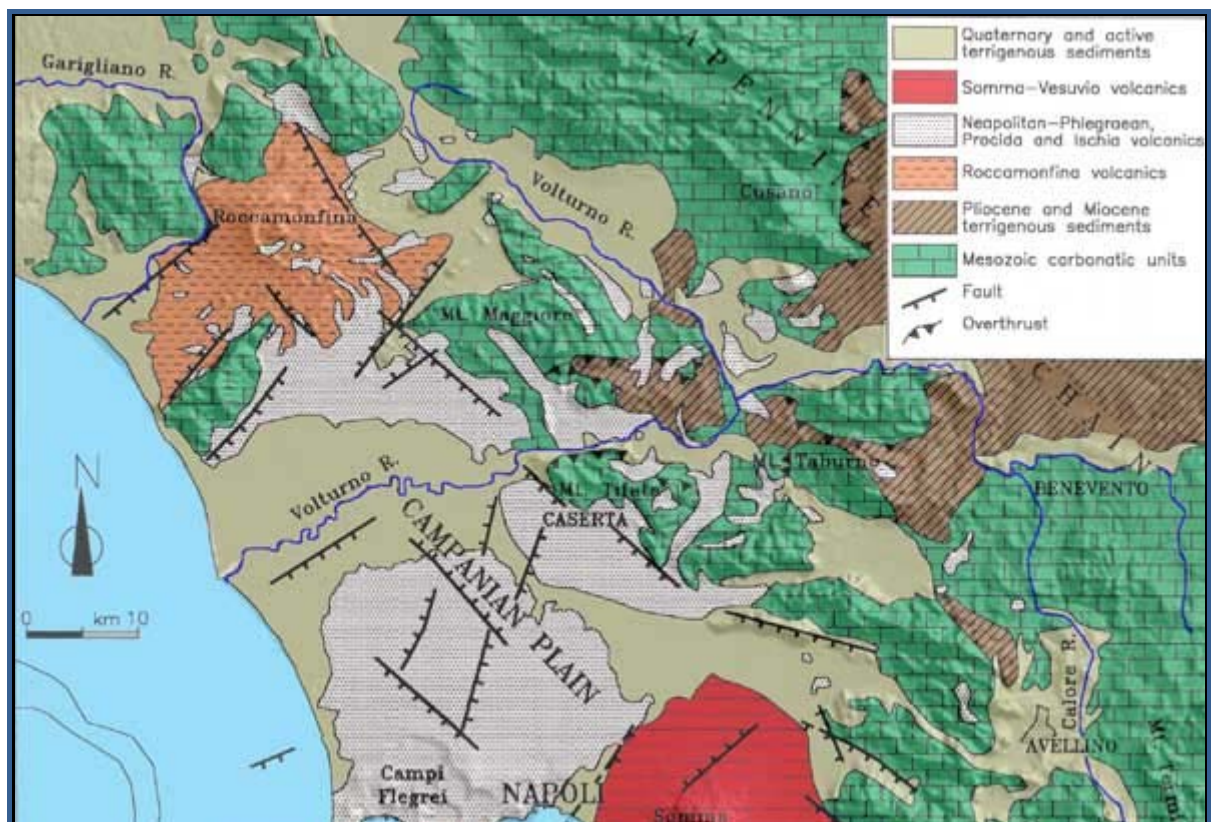


Figura 5 – Carta geologico-strutturale schematica della Campania (Orsi et al., 1996a)

La parte più superficiale è costituita, infatti, da prodotti piroclastici facenti parte della suddetta ignimbrite campana, o tufo grigio campano: tali prodotti sono ascrivibili al primo

periodo flegreo.

Al di sopra di tale fase ignimbrica, nel secondo periodo flegreo, si rinvencono, altresì, prodotti piroclastici proiettati dai centri di emissione vulcanica in maniera violenta, i quali vanno a distribuirsi sul tetto del tufo con una disposizione granulometrica classata, formando la ben nota successione stratigrafica di pozzolane, ceneri, sabbie, lapilli e scorie, con colori che variano dal marrone scuro al giallastro.

6. Idrogeologia

L'area oggetto di indagine fa parte della ben nota Unità Idrogeologica della Piana del Volturno - Regi Lagni, che rappresenta una porzione del grande Bacino idrico della Campania che si estende dal margine occidentale dell'Appennino Meridionale al mare Tirreno.

La dinamica idrogeologica è caratterizzata dallo stesso meccanismo che dà luogo alla circolazione idrica in tutta la Piana Campana e cioè il travaso di cospicue quantità di acqua dal complesso carbonatico che la delimita a N e a E.

Il complesso piroclastico, che affiora nell'area di studio e che si trova a contatto con il complesso carbonatico, globalmente svolge un'azione tamponante nei confronti di quest'ultimo a causa della bassa permeabilità per porosità della gran parte dei terreni costituenti il complesso stesso. La prova di questa situazione è data dalle manifestazioni sorgive lungo il bordo dei rilievi. Tuttavia la presenza di strati sabbiosi, a volte di notevoli dimensioni, dà luogo al deflusso di cospicue quantità di acqua dalla falda in rete che vanno ad aumentare le falde che si rinvencono nella Piana.

L'acquifero principale è rappresentato da depositi sedimentari e/o piroclastici sciolti con granulometria da media a medio-grossolana, sottostanti all'ignimbrite campana:

quest'ultima, in funzione dello spessore e delle caratteristiche tessiturali e strutturali (grado di litificazione, granulometria, presenza e concentrazione di scorie, ecc.), svolge la funzione di corpo confinante e semiconfinante.

L'acquifero si può considerare come un unico corpo idrico circolante in rami anastomizzati, localmente confinati o semiconfinati da strati meno permeabili, e alimentato dai travasi sotterranei provenienti dai massicci carbonatici che delimitano la Piana e, in misura minore, dagli apporti meteorici.

Dal punto di vista idrogeologico, si possono distinguere due grandi complessi idrogeologici¹:

a) complesso calcareo-dolomitico: è caratterizzato da un alto grado di permeabilità per fratturazione o per carsismo, interessato da una circolazione idrica sotterranea che avviene preferenzialmente in rete e trova recapito nelle note sorgenti di Triflisco e Pila;

b) complesso dei materiali piroclastici: più rappresentativo dell'area di studio, raggruppa terreni che hanno in comune l'origine vulcanico-detritica e il grado di permeabilità relativo è generalmente basso tranne che per qualche livello, peraltro discontinuo. Sono quindi, nel complesso, scarsamente permeabili per porosità e risultano sede di una circolazione idrica sotterranea più o meno lenta.

La trasmissività media dell'acquifero è dell'ordine di $1 \times 10^{-4} - 5 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ con una velocità di deflusso della falda generalmente bassa.

La complessità e le disomogeneità strutturali di quest'ultimo complesso idrogeologico genera, a grande scala, una serie di piccole falde sovrapposte con rapporti di interscambio dovuti principalmente a fenomeni di drenanza, alle caratteristiche litologiche dei sedimenti e ai rapporti esistenti tra i vari litotipi. Dal punto di vista idrogeologico questi terreni, in genere, sono sede di diversi livelli di acquiferi.

Infatti, in relazione alla presenza di materiali piroclastici, dotati di una buona permeabilità per porosità, una consistente circolazione idrica si rinviene intorno ai 4.00-5.00 m dal p.c..

Tale livello, che per le caratteristiche locali del complesso ignimbrico assume carattere confinato, è comunque soggetto ad oscillazioni dovute principalmente ad apporti d'acqua proveniente dai complessi carbonatici dell'Appennino Campano, i quali non essendo tamponati alla base da materiali impermeabili, riversano i loro accumuli idrici nel complesso dei sedimenti alluvionali e piroclastici della Piana Campana per poi defluire verso il mare.

A condizionare il livello della falda acquifera, contribuiscono anche gli apporti idrici dovuti alle precipitazioni meteoriche stagionali (fattore di ricarica) ed i cospicui depauperamenti per emungimenti operati sia nell'area urbana sia nella vicina area industriale.

Le acque di precipitazione meteorica vengono, infatti, smaltite per la gran parte in maniera naturale, attraverso infiltrazioni superficiali, grazie alla buona permeabilità dei terreni presenti mentre solo in occasione di più abbondanti e persistenti precipitazioni si registrano aliquote d'acqua di ruscellamento che vengono generalmente drenate dalla rete di canali presenti in zona, rappresentati dai Regi Lagni.

I Regi Lagni è un'opera di risanamento idraulico e di bonifica realizzata nel XVI-XVII secolo, costituita da una serie di canali attestati essenzialmente sul vecchio sviluppo orizzontale del Fiume Clanio, risultano in effetti destinati proprio a tale scopo, con un ampio bacino idrografico ed una fitta rete di condotte artificiali che convoglia grandi aliquote d'acqua, compresa quella sorgiva a nord di Napoli, e la smaltisce, per circa 60 km, in direzione Acerra fino alla grande distesa tra la foce del Fiume Volturno ed il Lago Patria.

Quindi, in relazione al grado di permeabilità dei terreni presenti nel territorio comunale, è possibile suddividere i termini presenti, nelle seguenti classi di permeabilità:

1. Terreni a bassa permeabilità costituiti dal Tufo Giallo, con relativa copertura di piroclastiti incoerenti e di piroclastiti rimaneggiate; la bassa permeabilità è dovuta sia al processo di zeolitizzazione sia alla presenza di una frazione argilloso-limosa nel materiale piroclastico incoerente.
2. Terreni a media permeabilità: costituiti dal Tufo Grigio che presenta una permeabilità per fessurazione.
3. Terreni ad alta permeabilità: costituiti dalla formazione delle sabbie vulcaniche grossolane, che presentano una permeabilità per porosità.

Dalla misurazione del livello della falda è stato possibile accertare che il livello della falda acquifera, nell'area urbana, è sempre presente oltre la quota di circa 8.00-12.00 m. dal piano campagna, mentre nelle aree extraurbane si rinviene anche ad una quota di circa 3.00-8.00 m..

Nell'area in esame, il livello della falda acquifera si attesta a circa 4.00 m di profondità dal p.c. e può subire leggere oscillazioni in funzione del periodo di alimentazione.

Le misurazioni della profondità della falda in condizioni statiche, eseguite nei fori di sondaggio sono riportate nella "Carta Idrogeologica" Tav. 6. La direzione del deflusso idrico sotterraneo, da studi effettuati nell'area, è da Nord-Est a Sud-Ovest, cioè dai monti verso la piana.

In definitiva, si può affermare che il territorio oggetto di studio, è da considerarsi area stabile dal punto di vista idrogeologico, idraulico e morfologico (vedi tavole allegate).

Infatti, tale area è fuori dalla perimetrazione di rischio sia idraulico sia da frane definito nel P.S.A.I. dall'Autorità di Bacino Nord-Occidentale della Campania

(tavola n° 5.1 allegata).

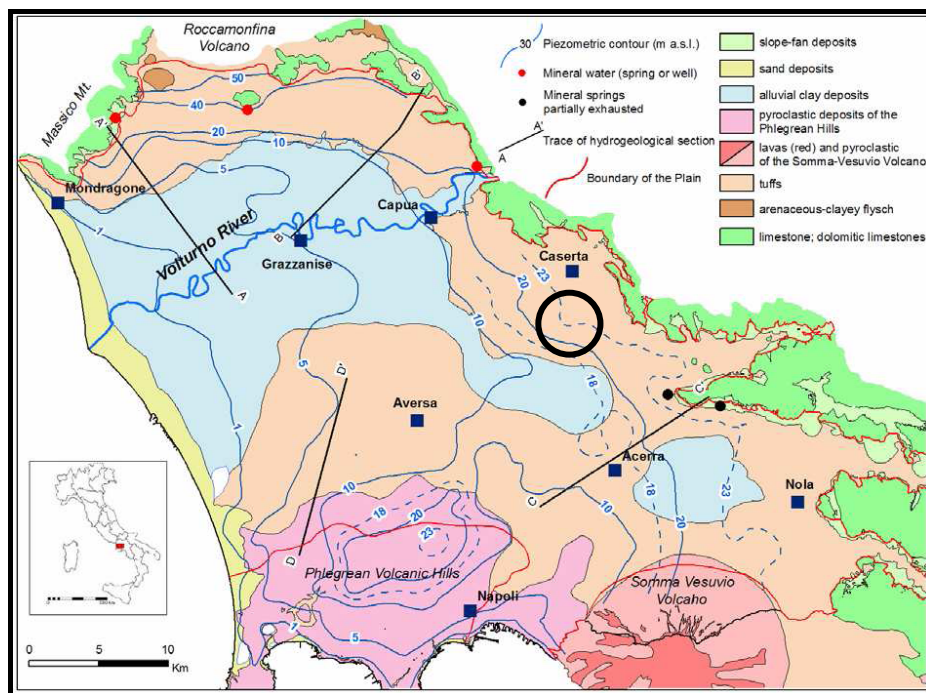


Figura 6 - Carta idrogeologica della Piana Campana (da Ducci, 2007).

1) limestone, 2) arenaceous-clayey flysch, 3) old alluvial deposits, 4) old pyroclastics, 5) tuffs, 6) pyroclastics (a) and alluvial deposits (b), 7) boreholes. Tracce di sezione nella figura precedente

7. Programma d'indagine

Il programma delle indagini è stato formulato sia tenendo conto delle problematiche in esame e della costituzione del sottosuolo, già sufficientemente note.

L'ampiezza delle indagini è stata, perciò, proporzionata alle dimensioni dell'area oggetto di studio.

Nella fase preliminare di indagine, sono stati raccolti ed acquisiti tutti i dati concernenti il sottosuolo di zone limitrofe.

Negli ambiti di indagine indicati dal contenuto della Legge regionale n. 9/83 Titolo II, si sono individuate le linee di seguito descritte che hanno consentito di valutare i parametri fisici, fisico-meccanici, idrologici e sismici idonei ad esprimere il parere di fattibilità

previsto dalla norma predetta.

L'indagine prevista ha compreso le seguenti fasi:

1. SONDAGGI GEOGNOSTICI.
2. PROVE S.P.T. (Standard Penetration Test)
3. PROSPEZIONI SISMICHE (Down-Hole)
4. ANALISI DI LABORATORIO

7.1 Sondaggio a carotaggio continuo

Per una corretta individuazione dei litotipi formanti il substrato dell'area si è ritenuto opportuno eseguire n° 4 sondaggi geognostici.

La tecnica di perforazione privilegiata è stata quella del carotaggio continuo per la possibilità che essa offre di disporre di campionamento integro, utilizzabile in situ per determinare, per via breve, le caratteristiche granulometriche ed altri parametri rilevabili con semplici apparecchiature di campagna.

Inoltre, con la stessa tecnica è stato possibile prelevare campioni indisturbati di terreno che sono serviti per la corretta esecuzione di analisi di laboratorio.

I sondaggi a carotaggio continuo sono stati effettuati dalla I.G.E.O. s.a.s., provvista di attestazione SOA n. 1666/63/01 Cat. OS 21 Class. I, con perforatrice cingolata a rotazione modello TEREDO MN 900, utilizzando un carotiere semplice dal diametro Φ 101 mm e lunghezza 3 m munito di una corona dentata con WIDIA per il prelievo dei campioni, che sono stati sistemati in apposite cassette catalogatrici munite di scomparti divisori.

Durante la perforazione è stata utilizzata pochissima acqua, quella cioè sufficiente a

raffreddare la corona dentata sopra menzionata.

Le perforazioni, inclinate di 90° sull'orizzontale, sono state spinte fino alla profondità di 34.00 m dal p.c., in modo da dare una risposta valida in termini stratigrafici alle problematiche geotecniche e sismiche connesse con la risposta statica e dinamica attesa dal substrato.

La tecnica del carotaggio continuo permettere anche la successiva opera di condizionamento per le indagini sismiche (down-hole).

Nel corso della perforazione è stata rilevata in forma sistematica il livello della falda nel foro di sondaggio. Le misure, in particolare, sono state eseguite prima e dopo ogni interruzione del lavoro (sera, mattina, altre pause).



Figura 7 –Sondaggio a carotaggio continuo

Nell'allegato indagini geognostiche sono riportate le relative stratigrafie.

7.2 Prelievo di campioni indisturbati

Nel corso del carotaggio sono stati prelevati n. 4 campioni indisturbati, uno per ogni sondaggio, a varie quote, per le successive analisi di laboratorio. Il campionamento è avvenuto infiggendo a fondo foro e alla profondità prestabilita una fustella a pareti sottili del diametro di 80 mm, in acciaio per una profondità di 50 cm o comunque fino allo sforzo massimo consentito dalla perforatrice. La fustella contenente in questo modo il terreno indisturbato è stata portata in superficie ed immediatamente si è provveduto alla sigillatura con l'uso della cera lacca.

Di seguito si riporta lo schema riassuntivo dei campioni prelevati con le relative quote di prelievo dal p.c.:

sondaggio n.	quota prelievo campione indisturbato (m)
1	4.50
2	3.00
3	4.00
4	2.00

7.3 Prove S.P.T. (Standard Penetration Test)

Nell'esecuzione dei sondaggi sono state effettuate n° 12 S.P.T. (Standard Penetration Test) le quali hanno fornito, attraverso correlazioni empiriche, la valutazione di importanti parametri geotecnici dei terreni attraversati dalle terebrazioni.

Esse consistono nel far penetrare nel terreno un campionatore a punta aperta tipo Raymond, per tre tratti successivi di 15 cm, grazie a percussioni mediante un maglio del peso di 63,5 Kg con caduta di 76,2 cm, sulle aste di manovra. Essendo i terreni a granulometria prevalentemente limosa, sabbiosa e argillosa e non cementati è stato sempre utilizzato il campionatore a punta aperta. Per terreni ghiaiosi, la punta aperta di

cui sopra, è stata sostituita con punta conica chiusa avente angolo di apertura di 60°.

Il primo dei tre tratti, o di avviamento, non viene preso in considerazione, mentre il parametro caratteristico N_{spt} è dato dalla somma dei colpi degli ultimi 30 cm.

La prova verrà considerata conclusa se per un tratto verrà superato il valore di 50 colpi.

Il numero dei colpi, N_{spt} , necessario per far avanzare l'asta nel terreno è correlabile all'angolo di attrito (ϕ) al Modulo Elastico (E_{ed}) e alla Densità Relativa (D_r).

Le prove sono state effettuate in numero di 3 per ciascun sondaggio a quote variabili da -1,50 a -14,00 m, dal p.c..

Di seguito si riporta lo schema riassuntivo degli SPT eseguiti con le quote di esecuzione dal p.c. ed i relativi risultati:

Sondaggio n.	Quota esecuzione		Numero colpi		
	da m	a m	15	30	45
1	1.50	1.95	3	3	5
1	5.00	5.45	4	5	7
1	12.00	12.40	3	35	rif
2	3.50	3.95	3	9	6
2	8.00	8.45	4	17	29
2	10.00	10.45	4	22	47
3	4.50	4.95	5	6	5
3	7.00	7.45	5	7	14
3	14.00	14.25	34	rif	
4	2.50	2.95	4	7	12
4	6.00	6.45	3	4	3
4	9.00	9.45	6	8	7

Sondaggio		Profondità		Lecture (15 - 30 - 45 cm)	N	Φ (°)	Eed (Kg/cm ²)	Dr (%)
		Da m	A m					
S 1	SPT 1	1.50	1.95	3-3-5	8	29	50	63
	SPT 2	5.00	5.45	4-5-7	12	30.8	83	66
	SPT 3	12.00	12.45	3-35-rif.	Rif.	-	376	95
S 2	SPT 4	3.50	3.95	3-9-6	15	31.2	102	77
	SPT 5	8.00	8.45	4-17-29	46	35.7	217	85
	SPT 6	10.00	10.45	4-22-47	Rif.	-	298	91
S3	SPT 7	4.50	4.95	5-6-5	11	30.7	76	65
	SPT 8	7.00	7.45	5-7-14	21	32.1	128	72
	SPT 9	14.00	14.45	34-rif.	Rif.	-	387	91
S4	SPT 10	2.50	2.95	4-7-12	19	32.4	125	87
	SPT 11	6.00	6.45	3-4-3	7	30.1	49	49
	SPT 12	9.00	9.45	6-8-7	15	31.3	107	62

Le prove SPT sono standardizzate dalle seguenti norme:

- ❖ **A.G.I. – Associazione Geotecnica Italiana**
Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche.
- ❖ **A.S.T.M. – D1586-67(74); D1586-84:**
Standard method for penetration test and Split-Barrel Sampling of Soils.
- ❖ **ISSMFE Techn. Committee (1988):**
Standard Penetration Test (SPT): International Reference ecc..

Tabella 1 – Valori delle SPT (Standard Penetration Test) e parametri geomeccanici

7.4 Indagine geofisica

Il rilievo geofisico, basato sull'impiego della sismica in foro tipo down-hole, è stato

eseguito allo scopo di caratterizzare, da un punto di vista sismico, le varie formazioni litologiche affioranti nell'area in esame.

A tal fine, sono stati eseguiti n° 2 prove down-hole nei fori di sondaggio S2 ed S3 della lunghezza di 34 m cadauno e i cui risultati si riportano nell.

L'analisi delle velocità di propagazione delle onde sismiche ha permesso di definire la geometria e gli spessori dei terreni dei vari litotipi costituenti il sottosuolo e, nel contempo, ha fornito informazioni circa la natura litologica degli stessi ed il loro stato di addensamento.

7.4.1 Prova sismica down-hole

L'indagine sismica in foro tipo down-hole è stata eseguita nei fori di sondaggi S2 ed S3 della lunghezza di 34.00 m.

L'indagine è stata eseguita utilizzando un sismografo Pasi 16S12 basato su un processore Pentium II, con 12 canali di registrazione simultanea a 16 bit, con filtri passa basso, passa alto ed a taglio di frequenza, memorizzazione delle onde registrate su un disco rigido interno di 6 GB, possibilità di interfaccia con stampante, tastiera e mouse esterno.



Figura 8 - sismografo Pasi 16S12

Le prime onde rifratte vengono registrate simultaneamente su 12 geofoni e risulta

possibile sommare fra loro successivi impulsi sismici migliorando il rapporto fra segnale e rumore.

Come sorgente energizzante è stato utilizzato un maglio del peso di 10 Kg battente su di una piastra metallica infissa nel terreno. La piastra viene colpita tre volte in direzioni tra loro ortogonali al fine di generare sia onde di tipo trasversale (S) che di tipo longitudinale (P). Per la rilevazione dei tempi di arrivo è stata utilizzata una sonda costituita da cinque geofoni di cui 4 disposti nel piano orizzontale con uno sfasamento reciproco di 45 gradi ed il quinto disposto normalmente agli altri. La sonda è dotata di un opportuno sistema pneumatico di ancoraggio alle pareti del foro ed è a tenuta stagna. (Vedi Figure sotto riportate)



Figura 9 - Sonda Down-Hole



Figura 10 - Particolare Sonda Down – Hole

Sono state effettuate misure a profondità crescenti con incremento di 2.00 metri a partire dal piano campagna; la sorgente energizzante è stata posta a 1.50 metri dal boccaforo. La risposta sismica dei terreni è stata rilevata mediante un sismografo digitale PASI 12S16 a 12 canali di registrazione e 16 bit per canale.

Per ogni intervallo di profondità sono state effettuate tre registrazioni, relative alle tre energizzazioni di cui sopra, da cui sono stati ricavati i tempi di arrivo delle onde longitudinali e trasversali.

Nell'allegato Indagini geognostiche sono riportate integralmente le singole elaborazioni sismiche.

7.5 Analisi geotecniche di laboratorio

Nel corso del sondaggio geognostico sono stati prelevati n° 4 campioni indisturbati di terreno che sono stati inviati al laboratorio PLP (Prospezioni Laboratorio Prove del Geom. Domenico Rocco & C. S.n.c.) di Sicignano degli Alburni (SA), facente parte dell'elenco depositato presso il Servizio Tecnico Centrale del Ministero delle Infrastrutture ed autorizzato con DM. N. 4951 del 04/06/2010 concessione Settore A e C. Sui campioni prelevati alle profondità indicate nella seguente tabella, sono state eseguite le seguenti analisi geotecniche, i cui risultati sono riportati nell'allegato Indagini Geologiche della presente relazione:

caratteristiche fisiche generali;

analisi granulometrica;

prova di taglio diretto;

prova edometrica.

Nella seguente tabella si riporta un quadro sintetico sul tipo, numero e profondità dei campioni prelevati nei rispettivi sondaggi, mentre nell'allegato Indagini geognostiche sono riportati i certificati delle prove di laboratorio.

SONDAGGIO	CAMPIONE	PROFONDITA'	
		DA METRI	A METRI
S1	C1	2.50	3.00
S2	C1	3.00	3.50
S3	C1	4.00	4.50
S4	C1	2.00	2.50

Tabella 2 – Campioni indisturbati prelevati a varie profondità

7.6 Finalità delle indagini

Le indagini di cui al **paragrafo 7.1** si sono rese necessarie per illustrare e/o confermare gli esiti del rilevamento geologico espresso in termini stratigrafici ed idrologici.

La tecnica di perforazione privilegiata è stata quella del carotaggio continuo per la possibilità che essa offre di disporre di campionamento ben conservato, utilizzabile in situ per determinare le caratteristiche granulometriche ed altri parametri. Le perforazioni sono state eseguite con la tecnica del sondaggio a carotaggio continuo, per permettere la successiva opera di condizionamento per le indagini sismiche (down-hole).

Inoltre, con la stessa tecnica è stato possibile prelevare campioni indisturbati di terreno che sono serviti per la corretta esecuzione di analisi di laboratorio.

La profondità di circa 34 m dal piano di campagna è stata più che sufficiente a dare

risposta in termini stratigrafici alle problematiche geotecniche e sismiche connesse con la risposta statica e dinamica attesa dal substrato.

Le indagini di cui al **paragrafo 7.2 e 7.5** hanno dato ulteriori informazioni sulle caratteristiche intrinseche dei terreni. Particolare attenzione è stata data alla determinazione dell'angolo del peso di volume naturale, del peso specifico dei granuli e del contenuto in acqua.

L'analisi granulometrica ha avuto lo scopo di caratterizzare la roccia sciolta sotto l'aspetto dimensionale delle varie particelle che la compongono ed è stata espletata attraverso operazioni sperimentali e relative elaborazioni di dati necessarie alla determinazione delle dimensioni dei granuli e delle percentuali in peso relative a ciascuna frazione granulometrica.

La prova di taglio diretto consolidata drenata ha avuto lo scopo di determinare la resistenza di picco del terreno sottoposto sia ad un determinato valore di tensione normale sia ad uno spostamento orizzontale.

La prova edometrica, infine, ha avuto lo scopo di determinare i parametri di compressibilità, di consolidazione e per quantificare la storia tensionale dei terreni.

Le indagini di cui al **paragrafo 7.3** hanno integrato le precedenti, poiché, attraverso di esse, è stato possibile, tramite opportune correlazioni, pervenire a determinazioni stratigrafiche certamente paragonabili a quelle ottenute attraverso i sondaggi.

Sono state eseguite, in tal modo, n° 12 prove penetrometriche del tipo S.P.T. (Standard Penetration Test), che hanno fornito, inoltre, utilissime informazioni sulla meccanica dei vari strati attraversati.

Le indagini di cui al **paragrafo 7.4** hanno avuto carattere di fondamentale importanza

per la stima delle velocità delle onde di taglio per caratterizzare il sito sotto il profilo della risposta sismica.

Opportunamente impiegate, potranno, peraltro, suggerire soluzioni in termini progettuali circa l'impiego di parametri quali l'accelerazione al suolo attesa in corrispondenza del sisma di progetto.

8. Caratterizzazione stratigrafica e geotecnica

Al fine di avere elementi utili per la descrizione della stratigrafia dei litotipi costituenti il substrato del territorio comunale sono stati esaminati i sondaggi eseguiti durante la campagna d'indagine oltre quelli messi a disposizione dello scrivente dalla società Capridue Outelet s.r.l. relativi alla precedente Piano di lottizzazione dell'area confinante.

Le varie indagini hanno permesso di conoscere le formazioni affioranti e costituenti le profondità significative, di conoscere l'assetto idrogeologico dell'acquifero locale oltre che caratterizzare geotecnicamente i terreni tramite l'analisi dei dati provenienti dalle prove di laboratorio effettuate sui campioni indisturbati prelevati nel corso dei sondaggi geognostici e dalle prove SPT eseguite.

In linea generale i sondaggi hanno evidenziato l'esistenza nel substrato di componenti litotipiche diverse, comunque associabili alla struttura complessa della facies ignimbratica caratteristica della zona.

Per questa ragione terreni a grana medio-fine a medio-grossolana si susseguono in verticale ed in orizzontale secondo geometrie non definibili per spessore ed estensione dei vari strati.

Di seguito si riporta la successione litostratigrafica ricavata dai sondaggi effettuati:

A profondità variabili fra i 0.00 e 0.40/0.80 metri dal piano di campagna, si rinviene terreno vegetale a granulometria sabbioso-limoso con resti vegetali indecomposti (radici).

Al di sotto a profondità variabile fra i 1.40/2.10 metri e i 6.00/7.00 metri si rinvencono piroclastiti costituite da materiali fini e medio-fini riferibili all'attività esplosiva dei Campi Flegrei (II° Perodo Flegreo $\pm$ 12.000 / 14.000 anni). La situazione descritta è testimoniata dalle successioni stratigrafiche dei sondaggi spinti fino alla profondità di 34.00 mt., e le indagini dirette (prove penetrometriche del tipo SPT) che hanno messo in evidenza la presenza di terreni con caratteristiche molto simili costituiti da alternanze di depositi limosi-sabbiosi e materiali sabbiosi, con presenza di inclusi di natura piroclastica a spigoli sub-arrotondati (pomici).

Al di sotto di tali orizzonti, a profondità variabili tra i 6.00/7.00 metri e i 12/17.00 metri si rinviene una tufite giallastra tendente al grigiastro a matrice sabbiosa a ricoprimento di una cinerite sabbiosa debolmente limosa a tratti ghiaiosa con inclusi pomicei, lapilli e sparsi livelli di materiale lapideo (clasti calcarei) eterometrico fino alla profondità di 34 metri dal p.c.. In tale orizzonte cineritico, si rinvencono piccoli livelli di paleosuolo.

Per la visione della ricostruzione litostratigrafica si rimanda anche alla tavola relativa, e a quella delle sezioni stratigrafiche.

Dalle analisi eseguite è emerso che i materiali hanno mostrato caratteristiche granulometriche tali da assimilarli a limo-sabbioso e sabbia limosa con percentuali minime di ghiaie.

Le restanti analisi rispecchiano quanto scaturito dall'analisi granulometrica.

L'indice dei vuoti e la porosità sono tipiche di sabbie moderatamente addensate; il peso specifico è mediamente alto in quanto i granuli sono di origine vulcanica.

Il grado di permeabilità è buono per l'elevato valore di porosità e dell'indice dei vuoti.

La natura stessa dei materiali in esame fa sì che essi pur avendo dato valori dell'angolo di attrito modesti ($\gamma = 27^\circ$), se sottoposti a carichi, possono produrre cedimenti anche considerevoli e immediati nel tempo. La coesione emersa dalle prove di taglio diretto è da imputare solo ed unicamente alla cementazione dei materiali piroclastici, strettamente collegata alla percentuale della frazione cineritica sottile presente.

Si riporta di seguito la tabella riassuntiva delle analisi geotecniche di laboratorio eseguite e dei risultati osservati:

Sond	Camp	Prof. (m)	γ KN/m ³	γ_s KN/m ³	W %	γ_d KN/m ³	e	η %	S %	ϕ °	C KPa
S1	C1	2.50-3.00	19.9	26.3	24.45	16.0	0.65	39.35	99.09	26.87	7.25
S2	C1	3.00-3.50	17.0	26.3	49.87	11.3	1.32	56.91	99.09	27.30	3.49
S3	C1	4.00-4.50	16.8	25.2	47.96	11.3	1.22	54.99	98.73	28.40	3.29
S4	C1	2.00-2.50	13.6	25.5	33.17	10.2	1.50	60.02	56.23	28.82	3.16

dove:

γ = peso dell'unità di volume;	η = porosità;	e = indice dei vuoti;
γ_s = peso specifico dei grani;	S = grado di saturazione;	
W = contenuto in acqua;	ϕ = angolo di attrito;	
γ_d = peso dell'unità di volume secco;	C = coesione.	

Tabella 3 – Tabella parametri geotecnici desunti dalle analisi di laboratorio

Sond.	Camp.	Prof. (m)	Def. granulometrica
S1	C1	2.50-3.00	Limo con sabbia
S2	C1	3.00-3.50	Limo con sabbia
S3	C1	4.00-4.50	Limo sabbioso
S4	C1	2.00-2.50	Limo con sabbia deb. ghiaioso

Tabella 4 –Definizione granulometrica dei singoli campioni

9. Valutazione del potenziale di liquefazione

I terreni suscettibili alla liquefazione sono quelli la cui resistenza alla deformazione è mobilizzata per attrito tra le particelle, quindi i terreni incoerenti.

Il fenomeno della liquefazione assume una particolare pericolosità in presenza di materiali granulari poco addensati saturi.

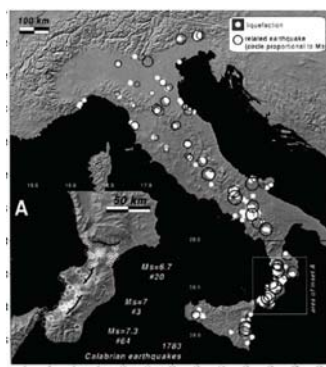


Figura 11 – Casi di liquefazione censiti in Italia (Galli 2000)

Studi recenti (Galli, 2000 fig. 11) rilevano come in Italia siano pochi i casi reali del verificarsi di fenomeni di liquefazione.

Difatti, con il termine di liquefazione si intende riferirsi alla perdita di resistenza dei terreni saturi sotto sollecitazioni statiche o dinamiche, in conseguenza delle quali il terreno raggiunge una condizione di fluidità pari a quella delle masse viscosi. Ciò avviene

solitamente nei depositi di sabbie sciolte fini quando sotto l'azione di sollecitazioni esterne, la pressione dell'acqua nei pori aumenta progressivamente fino ad uguagliare la pressione totale di confinamento, cioè quando gli sforzi efficaci, da cui dipende la resistenza al taglio, si riducono a zero (per profondità comprese tra i 00.00 metri ed i 15.00 metri dal p.c.).

Generalmente risultano maggiormente suscettibili di liquefazione i terreni mono-granulari (cioè con buona classazione del sedimento), aventi dimensioni comprese fra 1 mm e 0.01 mm, con coefficiente di uniformità compreso tra 2 e 10, bassa densità relativa e bassa resistenza penetrometrica.

Inoltre, la verifica all'analisi di liquefazione locale può essere omessa per siti con soggiacenza della falda a profondità superiore a 15 metri dal piano campagna e con piano campagna sub-orizzontale, e strutture con fondazioni superficiali.

Quando nessuna delle condizioni risulti soddisfatta e il terreno di fondazione comprenda strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda, occorre valutare il coefficiente di sicurezza alla liquefazione alle profondità in cui sono presenti i terreni potenzialmente liquefacibili.

Nel nostro caso, nell'area oggetto di studio, come già precedentemente riportato, la soggiacenza della falda è intercettabile a profondità di circa 4.00 metri dal piano campagna, ove da tale quota, si rinvenivano unicamente depositi vulcanici riferibili a:

Piroclastite da limo-sabbiosa a sabbiosa sovrastante una tufite sabbiosa.

Pertanto, la verifica alla liquefazione è stata considerata per gli spessori che vanno da - 4,00 m a -15,00 m dal piano campagna. (allegato 9).

Tali spessori hanno restituito fusi granulometrici (non monogranulari) che hanno una predominante frazione di limo con sabbia e limo-sabbioso a volte a tratti ghiaiosa (vedi campioni S1C1-S2C1-S3C1-S4C4) e percentuali nulle di frazione argillosa.

Quindi, si può affermare che in tali depositi di origine vulcanica, sono da escludere fenomeni di liquefazione.

10. Considerazioni sulla sismicità dell'area

Il territorio di **Marcianise** presenta una esposizione al rischio sismico derivante dalla sua posizione rispetto alla catena appenninica ed in misura minore con l'apparato vulcanico dei Campi Flegrei e del Somma Vesuvio.

La catena appenninica, infatti, è ancora in fase di prevalente sollevamento rispetto al margine tirrenico, ed è caratterizzata dalla presenza di strutture sismogenetiche lungo le quali si distribuiscono maggiormente i principali eventi sismici (§ Fig. 6 "Distribuzione degli epicentri nel periodo 1000-1980"). L'area in esame è comunque caratterizzata da una sismicità molto bassa, testimoniata dall'assenza di terremoti storici di magnitudo superiore a 5, come visibile nella mappa sismica della Regione Campania dell'I.N.G.V. (cfr. <http://kharita.rm.ingv.it/Gmaps/reg/index.htm#lom>) e mostrata in **Fig. 12**.

Il territorio comunale è, tuttavia, ubicato a decine di chilometri dalle strutture sismogenetiche situate lungo la direttrice Benevento-Matese orientale sulla quale si sono sviluppati alcuni dei principali terremoti precedentemente riportati; pertanto, come già riferito, gli effetti dei sismi possono interessare il comune con una violenza che può essere localmente amplificata in base alle caratteristiche geologiche e morfologiche del territorio ed in base alle proprietà fisico-meccaniche dei terreni.

Nel calcolo delle sollecitazioni sismiche, valutate mediante un'analisi statica e dinamica, viene utilizzato il "coefficiente di intensità sismica c", funzione della diversa categoria sismica di appartenenza (D.M. 3/3/1975).

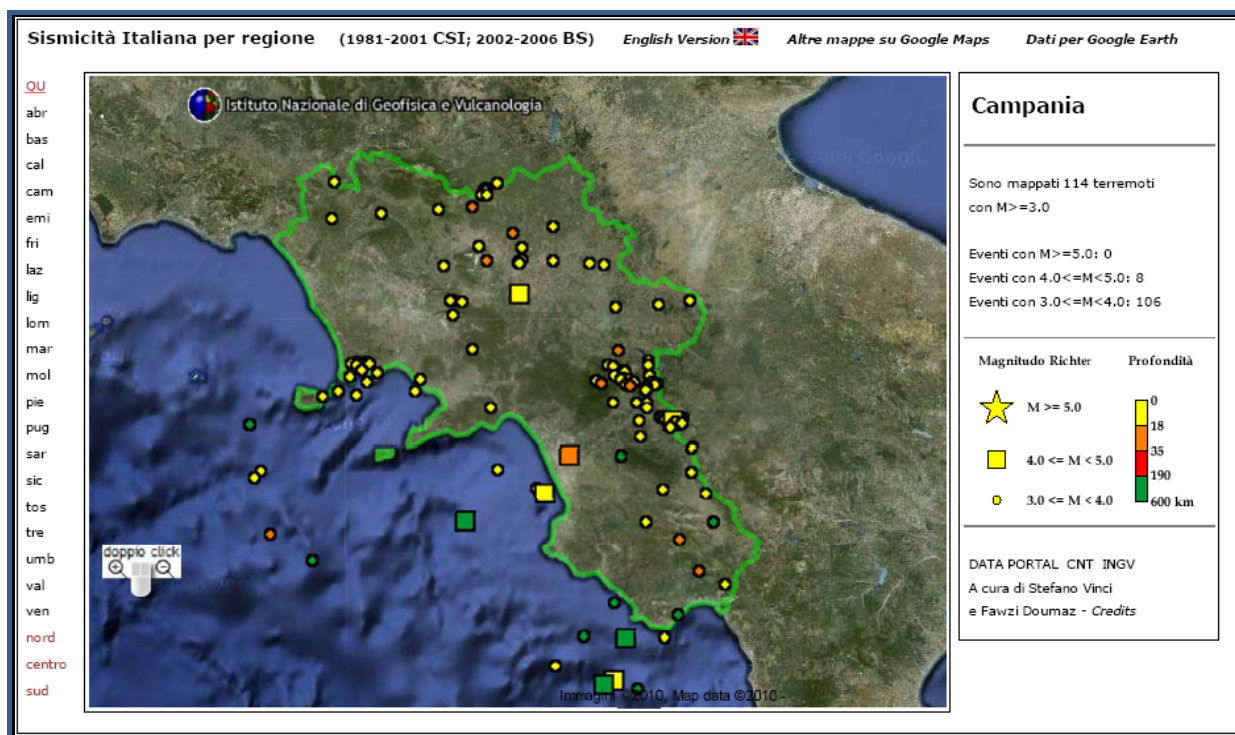


Figura 12 – Mappa sismica della Regione Campania dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Il comune di Marcanise rientra in una zona sismica di 2^a categoria (grado di sismicità $S = 9$), cui compete un coefficiente di intensità sismica $c = 0,07$ g. La normativa sismica rappresentata dall'OPCM 3274/03 del resto, impone di adottare per le aree di seconda categoria un'**accelerazione massima orizzontale pari a 0.25 g**.

10.1 Caratteristiche litodinamiche

Come già riferito, la distribuzione dell'energia liberata è in strettissimo rapporto con le condizioni geolitologiche e geotecniche dei terreni; è stato, quindi, necessario individuare i parametri necessari per il calcolo del coefficiente sismico locale.

Per quanto concerne le indagini, sono stati eseguiti:

- n° 2 prove down-hole nei fori di sondaggio S2 – S3 con apparecchiatura **Pasi 16S12** e sonda a 5 geofoni con passo di misura ogni 2.0 metri (cfr. Allegato

Indagini geognostiche).

Con tali indagini sono stati ottenuti i parametri dinamo-elastici dei terreni che interessano i primi 34.00 m di profondità dal piano campagna. Per l'ubicazione di tali indagini si consulti la allegata "Carta ubicazione delle indagini" in scala 1:2.000.

Le caratteristiche litodinamiche dei terreni presentano valori medi di velocità che in genere tendono ad aumentare con la profondità e con l'aumento dello stato di addensamento del terreno. Infatti il tutto si può riassumere nel seguente modo:

Depositi piroclastici superficiali (compresi tra la base dello strato di terreno vegetale e il tetto del substrato tufitico)

Velocità delle onde di compressione "Vp":	711-793	m/sec
Velocità delle onde di taglio "Vs":	369-170	m/sec

Substrato tufitico e cineritico:

Velocità delle onde di compressione "Vp":	1602-2324	m/sec
Velocità delle onde di taglio "Vs":	453-734	m/sec

10.2 Microzonazione sismica del territorio

In precedenza si è visto che la legislazione presente in Italia definisce il coefficiente di intensità sismica "c"; tale coefficiente interviene in sede di progetto rappresentando il livello di forze orizzontali (o accelerazioni) cui si vuole che l'edificio, o la struttura in genere, risponda elasticamente. La normativa, infatti, stabilisce che la forza tangenziale di cui si deve tener conto nei calcoli per una struttura da edificarsi in zona sismica è:

$$F = KW$$

dove W rappresenta il peso della struttura e K è il coefficiente sismico pari a:

$$K = c * R * e * b * g$$

Dove:

c = è il coefficiente d'intensità sismica che per Marcianise è pari a 0.07 g,

R = il coefficiente di risposta della struttura in funzione del periodo fondamentale della

stessa,

b = è il coefficiente di struttura, e il coefficiente di fondazione,

ε = coefficiente di fondazione,

g = è il coefficiente di distribuzione delle azioni sismiche.

L'unico coefficiente che dipende dalla natura del terreno è il coefficiente di fondazione " ε " che varia da 1.0 - 1.3, secondo la compressibilità del terreno. Recentemente si è proposto (Carrara E., Rapolla A., 1987) un metodo immediato che consente di procedere ad una microzonazione del territorio (quest'ultima, ricordiamo, rimane comunque una zonazione di massima che serve ad orientare le scelte di destinazione d'uso delle aree).
e terreni estremamente sciolti.

Per le rocce rigide la rigidità R può raggiungere valori superiori a $1.500 \text{ t/m}^2 \text{ s}$ ($V_s = 0,700 \text{ Km/s}$; $\gamma = 2,2 \text{ g/cm}^3$) mentre, per i terreni sciolti, R può essere anche minore di 100 t/mq s ($V_s = 0,09 \text{ Km/s}$; $\gamma = 1,1 \text{ g/cm}^3$).

Si può considerare che il valore di rigidità R pari a $100 \text{ t/m}^2 \text{ s}$ rappresenti un decremento f_c pari al 30 %, rispetto al valore di rigidità R pari a 1500 t/mq s , del coefficiente di intensità sismica; questo in considerazione del fatto che tale limite rappresenta anche il massimo incremento previsto dalla legge per il coefficiente di fondazione ε .

Ricordando che quest'ultimo coefficiente assume, a seconda dei terreni, i valori 1.0, 1.1, 1.2 e 1.3 e accettando lo stesso come limite di incremento per f_c , si può realizzare la tabella proposta di seguito:

Intervallo	Rigidità R t/mq s	Incremento coefficiente di intensità sismica f_c
I	> 1.5	1.0
II	$1.5 - 0.4$	1.1
III	$0.4 - 0.1$	1.2
IV	< 0.1	1.3

Quindi bisogna determinare prima il valore di rigidità (R), che è dato dalla formula:

$$R = \gamma m \times V_s$$

dove

γm = peso di volume mediato per lo spessore interessato;

V_s = velocità onde sismiche tangenziali in tale spessore dell'orizzonte stesso.

Considerando i parametri di densità e velocità delle onde di taglio ottenute sia dalle indagini geofisiche realizzate, sia da dati di tipo bibliografico, sono stati ricavati i valori di rigidità R:

calcolo di R

- peso di volume medio $\gamma m = 1.68 \text{ T/m}^3$
- media velocità onde sismiche $V_s = 452 \text{ m/sec}$

da cui $R = 0.76 \text{ T/m}^2\text{sec}$

Quindi possiamo affermare che il coefficiente di fondazione che caratterizza l'area in oggetto sia in senso areale che verticale è pari a $f_c = \varepsilon = 1.10$.

10.3 Determinazione delle VS30 ai sensi dell'OPCM 3274/2003

La nuova normativa sismica italiana (Ordinanza P.C.M. n° 3274 del 20/03/2003) prevede una classificazione del sito in 5 tipologie di terreno in funzione della velocità delle onde di taglio S dei primi 30 metri di profondità a partire dal futuro piano di fondazione (VS30).

Per VS30 si intende la media pesata delle velocità delle onde S negli strati fino a 30 metri di profondità al di sotto del probabile piano di fondazione dei futuri manufatti, determinata secondo la seguente formula:

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

Dove

h_i = spessore dello strato i -esimo

V_i = velocità onde S relative allo strato i -esimo

N = numero di formazioni o strati compresi nei primi 30 m di profondità.

Considerando la sismostratigrafia ricavata dall'indagine eseguita attraverso i dati puntuali delle prove sismiche in foro (n° 2 Down-Hole sul sito in studio), il calcolo effettuato ha determinato due tipologie di valori:

- VS30 = 514-404 m/s.

A	Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi caratterizzati da valori di Vs30 superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo di 5 metri.
 B	Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti , con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica $N_{spt} > 50$, o coesione non drenata $c_u > 250$ kPa).
C	Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza , con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzate da valori di Vs30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s ($15 < N_{spt} < 50$, $70 < c_u < 250$ kPa).
D	Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti , caratterizzati da valori di Vs30 < 180 m/s ($N_{spt} < 15$, $c_u < 70$ kPa).
E	Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali , con valori di Vs30 simili a quelli dei tipi C e D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su un substrato di materiale più rigido con Vs30 > 800 m/s.

S1	Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10 m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità ($PI > 40$) e contenuto d'acqua, caratterizzati da valori di Vs30 < 100 m/s ($10 < c_u < 20$ kPa).
S2	Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti.

Pertanto, per il sito investigato si può definire che i terreni presenti nel sottosuolo

dell'area sono ascrivibili alla tipologia di suolo della **Categoria B**. In questa classe ricadono in generale i terreni di natura sabbiosa mediamente addensata ove si registrano valori delle velocità delle onde di taglio S (V_{s30}) compresi tra 360 e 800 m/s.

Il presente studio, a partire dai parametri evinti dalla campagna d'indagine effettuata in sito e in laboratorio, tende a caratterizzare ciascuno dei punti indagati attraverso l'inquadramento di essi all'interno delle categorie di suolo presentate nella precedente tabella.

11. Conclusioni

Sulla base dei rilievi effettuati, della situazione geomorfologica, litostratigrafia ed idrogeologica dell'area d'indagine, si esprimono le seguenti valutazioni sulla fattibilità dell'intervento.

Dal punto di vista stratigrafico, il sottosuolo è costituito da un deposito di materiali vulcanici da sciolti (piroclastiti) a parzialmente cementati (tufiti vulcaniche e cineriti) granulometricamente ascrivibili a sabbie, limi e piccole percentuali di ghiaie.

Sotto l'aspetto idrogeologico l'area si distingue per la presenza di un complesso idrogeologico dalle omogenee caratteristiche di conducibilità idraulica. La falda si rinviene ad una profondità media di circa 4.00 metri dal p.c.. Essa viene alimentata oltre che dagli apporti zenitali anche da cospicui travasi idrici sotterranei provenienti dai massicci carbonatici (in particolare dal Monte Tifata) che bordano la Piana Campana.

Il territorio di studio è da considerarsi in linea generale stabile dal punto di vista geomorfologico e idraulico; gli accertamenti effettuati hanno permesso di appurare la mancanza di fenomeni idrogeologici che possono evolvere verso situazioni di instabilità reale.

I rilievi geologici e geomorfologici, integrati da opportune indagini atte a valutare il comportamento litodinamico dei litotipi costituenti il territorio oggetto di studio, in caso di sisma, hanno permesso di cartografare una microzona caratterizzata da Categoria di suolo del tipo B (ai sensi dell'O.P.C.M. 3274/03 per definire il profilo stratigrafico del terreno di fondazione). Tale attribuzione è derivata dalla determinazione del parametro V_{S30} attraverso misure dirette ottenute da prove di sismica in foro "down-hole" eseguite appositamente nell'area in esame. Dato il carattere pianeggiante, l'area è esente da fenomeni di instabilità potenziali e reali, inoltre che la soggiacenza della falda freatica risulta a circa 4,00 metri di profondità dal piano campagna, i terreni presenti sono dotati di discrete caratteristiche (fusi granulometrici ed angolo d'attrito) tali da escludere eventuali fenomeni amplificativi dovuti alla occasionale saturazione oltre alla inesistenza di eventuali processi di liquefazione dei terreni costituenti il profilo stratigrafico; inoltre come già accennato precedentemente, l'area oggetto di lottizzazione è fuori dalla perimetrazione di rischio sia idraulico sia da frane definite dal Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del Bacino Nord-Occidentale della Campania (Cfr. Tav. 5.1 – Stralcio P.S.A.I. Bacino Nordoccidentale della Campania).

Ulteriori studi di dettaglio geognostico e geotecnico saranno necessari per la definizione delle singole opere strutturali che andranno ad essere realizzate in futuro.

Marcianise, Settembre 2010

Il Geologo

Dott. Massimo Scaldarella