



CITTÀ METROPOLITANA DI NAPOLI

Città Metropolitana Di Napoli
Piazza Matteotti 1 - Napoli

**VERIFICA DI VULNERABILITA' SISMICA DEGLI EDIFICIO SCOLASTICI DI
COMPETENZA DELLA CITTA' METROPOLITANA DI NAPOLI**

ISTITUTO "EMILIO SERENI" DI AFRAGOLA (NA)

ELABORATI GENERALI

Oggetto:

Relazione geologico-geotecnica (RGEO)

Codice elaborato:

20027_SR-RI-00-01-G-DS-003

Scala:

Data:

11/2021

Revisione	Data	Descrizione
---	---	---
---	---	---
---	---	---

Responsabile del Procedimento: arch. Annarita Marciano

R.T.P. Affidatario del Servizio

Società Mandataria:



STUDIO PROGETTAZIONI D'INGEGNERIA - SPI s.r.l.
Legale Rappresentante - Ing. Pietro E. De Felice

Via A. Sciesa, 17 - 20831 - Seregno (MB)
tel. 0362 1481366

Via G. Jannelli, 23/H - 80128 - Napoli (NA)
tel. 081 5790901 - 081 19364423
fax 081 118852712

www.spi.srl
info@spi.srl
info@pec.spi.srl

Professionista incaricato
ing. Sergio De Felice

Mandanti:



Arch. Elio Conte
Libero Professionista

Via Carlo De Marco, 135
80100 - Napoli (NA)

geol. Francesco
Cuccurullo

geol. Francesco Cuccurullo
Libero Professionista

Traversa San Rocco 52
84016 - Pagani (SA)

ing. Marco Rosario
Maresca

ing. Marco Rosario Maresca
Libero Professionista

ing. Donatella de Silva

ing. Donatella de Silva
Libero Professionista

Gruppo di Lavoro

SPI s.r.l.
ing. Pietro Ernesto De Felice
ing. Sergio De Felice
arch. Lia Favale
arch. Mariafrancesca Masullo
ing. Antonella De Muro

arch. Elio Conte

ing. Marco Rosario Maresca

ing. Donatella de Silva

Geol. Francesco Cuccurullo

Affidamento dei servizi di ingegneria ed architettura per la Verifica di Vulnerabilità Sismica degli Edifici Scolastici di Competenza della Città Metropolitana di Napoli, suddiviso in 15 lotti distinti e indipendenti.

LOTTO 2 – CIG: 7693995587

Sommario

1	PREMESSA.....	2
2	NORMATIVE E RIFERIMENTI TECNICI	3
3	RELAZIONE GEOLOGICA-GEOTECNICA	5
3.1	Descrizione del programma di indagine svolte.....	5
3.2	Caratterizzazione geologico-geotecnica del sottosuolo	6
3.3	Profilo stratigrafico del sottosuolo	14
3.4	Sezione geologico stratigrafica	16
3.5	Dissesti in atto o potenziali	16
3.6	Lineamenti geomorfologici della zona (geol).....	19
3.7	Litostratigrafia locale (geol)	21
3.8	Caratterizzazione geostrutturale generale (geol)	21
3.9	Schema della circolazione idrica superficiale e sotterranea.....	34
4	INDAGINI GEOFISICHE	36
4.1	Programma di indagine per la caratterizzazione geofisica del volume significativo di terreno	36
4.2	Indicazione delle modalità esecutive delle prove effettuate e della strumentazione utilizzata	37
4.3	Localizzazione dei punti di indagine.....	37
4.4	Certificati di laboratorio e documentazioni tecniche di indagine	38
4.5	Valutazioni dell’Affidatario sui dati ricavati dalle analisi per il calcolo esplicito delle Vs,30	38
5	CARATTERIZZAZIONE TOPOGRAFICA DELLA ZONA - SITUAZIONI PARTICOLARI.....	40
6	RILIEVO E DESCRIZIONE DEL SISTEMA FONDALE	40
6.1	Tipologia fondale.....	40
6.2	Problematiche strutturali sul sistema fondale.....	40

Affidamento dei servizi di ingegneria ed architettura per la Verifica di Vulnerabilità Sismica degli Edifici Scolastici di Competenza della Città Metropolitana di Napoli, suddiviso in 15 lotti distinti e indipendenti.
LOTTO 2 – CIG: 7693995587

1 PREMESSA

Lo scrivente ing. Sergio De Felice in qualità di amministratore unico dello SPI-srl, capogruppo mandataria dell'RTP costituito dai seguenti soggetti:

- STUDIO PROGETTAZIONI D'INGEGNERIA - SPI s.r.l. (capogruppo mandataria) con sede a NAPOLI in via Jannelli n.23, C.F./P.I. 04873791216; Pec: info@pec.spi.srl
- Geol. Francesco CUCCURULLO con studio in Via Traversa San Rocco n. 52, Pagani (SA) P.I. 04592771218, tel./fax 0810604581; PEC: francescocuccurullo@epap.sicurezzaapostale.it e-mail: cuccu@libero.it
- Ing. Donatella DE SILVA (mandante) con studio in VIALE DELLA LIBERTA', 70, CASAGIOVE (CE), 80122 P.I. 01701700625; PEC: donatella.desilva@ingpec.eu
- Ing. Marco Rosario MARESCA (mandante) con studio via Parsano n. 6/a 80067 Sorrento (NA) P.I. 08049131215; PEC: marcorosario.maresca@ingpec.eu
- l'Arch. Elio CONTE (mandante), nato a Napoli il 10 giugno 1971, con studio a Napoli in via Carlo de Marco n. 135, codice fiscale: CNTLEI71H10F839P e Partita IVA 04415261215;

con riferimento all'incarico ricevuto da Città Metropolitana di Napoli con sede in Piazza Matteotti 1, C.F. E P.IVA 01263370635 relativo all'affidamento dei servizi di ingegneria ed architettura per la verifica di vulnerabilità sismica degli edifici scolastici di competenza della Città Metropolitana di Napoli, suddiviso in 15 lotti distinti e indipendenti. LOTTO 2 – CIG: 7693995587 di cui risulta aggiudicatario come da contratto n. RCP.R.0000031.26-02-2021, nella presente relazione descrive il sistema di fondazione che caratterizza l'immobile indagato, Istituto Superiore Statale "SERENI", sito in Afragola alla via Don Bosco 9.



Figura 1. Localizzazione e Inquadramento territoriale del complesso scolastico su aerofoto (Google Earth).

Affidamento dei servizi di ingegneria ed architettura per la Verifica di Vulnerabilità Sismica degli Edifici Scolastici di Competenza della Città Metropolitana di Napoli, suddiviso in 15 lotti distinti e indipendenti.
LOTTO 2 – CIG: 7693995587

2 NORMATIVE E RIFERIMENTI TECNICI

- L. n° 1086/1971 ("Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica");
- L. n° 64/1974 ("Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche");
- D. M. LL. PP. 30/05/1974 ("Norme tecniche per la esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche");
- Circ. Min. LL. PP. n° 11951/1974 ("Attuazione delle norme sul cemento armato");
- D. M. LL. PP. 03/03/1975 ("Approvazione delle norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche");
- D. M. LL. PP. 16/06/1976 ("Norme tecniche per la esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche");
- D. M. LL. PP. 03/10/1978 ("*Criteri generali per la verifica della sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi*");
- D. M. LL. PP. 26/03/1980 ("*Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche*");
- D. M. LL. PP. 07/03/1981 ("*Dichiarazione in zone sismiche nelle regioni Basilicata, Campania e Puglia*");
- Circ. Min. LL. PP. n° 21597/1981 ("*Istruzioni 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. LL. PP. 03/06/1981 ("*Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche*");
- D. M. LL. PP. 02/07/1981 ("*Normativa per le riparazioni ed il rafforzamento degli edifici danneggiati dal sisma nelle regioni Basilicata, Campania e Puglia*");
- Circ. Min. LL. PP. n° 21745/1981 ("*Istruzioni per l'applicazione della normativa tecnica per la riparazione ed il rafforzamento degli edifici danneggiati dal sisma*");
- D. M. LL. PP. 12/02/1982 ("*Adeguamento delle norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi*");
- Circ. Min. LL. PP. n° 22631/1982 ("*Istruzioni relative ai carichi, sovraccarichi ed ai criteri per la verifica di sicurezza delle costruzioni*");
- D. M. LL. PP. 01/04/1983 ("*Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche*");
- D. M. LL. PP. 29/02/1984 ("*Dichiarazione di zone sismiche*");
- D. M. LL. PP. 19/06/1984 ("*Norme tecniche relative alle costruzioni sismiche*");
- Circ. Min. LL. PP. n° 25882/1985 ("*Istruzioni per applicazione norme sismiche*").
- D. M. LL. PP. 27/07/1985 ("*Norme tecniche per la disciplina delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche*");
- D. M. LL. PP. 24/01/1986 ("*Norme tecniche relative alle costruzioni antisismiche*");
- Circ. Min. BB. CC. AA. n° 1032/1986 ("*Interventi sul patrimonio monumentale a tipologia specialistica in zone sismiche: raccomandazioni*");
- Circ. Min. LL. PP. n° 27690/1986 ("*Decreto Ministeriale 24 gennaio 1986. Istruzioni relative alla normativa tecnica per le costruzioni in zona sismica*");
- Circ. Min. LL. PP. n° 27996/1986 ("*Legge 5 novembre 1971, n. 1186. Istruzioni relative alle norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato e cemento armato precompresso e strutture metalliche, di cui al D. M. 27 luglio 1985*");
- D. M. LL. PP. 09/01/1987 ("*Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento*");
- D. M. LL. PP. 20/11/1987 ("*Norme tecniche per progettazione, esecuzione e collaudo*

Affidamento dei servizi di ingegneria ed architettura per la Verifica di Vulnerabilità Sismica degli Edifici Scolastici di Competenza della Città Metropolitana di Napoli, suddiviso in 15 lotti distinti e indipendenti.
LOTTO 2 – CIG: 7693995587

degli edifici in muratura e per il loro consolidamento");

- D. M. LL. PP. 11/03/1988 ("*Norme tecniche riguardante 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 ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione*");
- Circ. Min. LL. PP. n° 30483/1988 ("*Legge 2 febbraio 1974 n° 64. D. M. 11 marzo 1988. Istruzioni 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. Istruzioni per l'applicazione*");
- Circ. Min. LL. PP. n° 30787/1989 ("*Istruzioni in merito alle norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento*");
- Circ. Min. LL. PP. n° 31104/1989 ("*Legge 2 febbraio 1974 n. 64 art. 1. Istruzioni in merito alle norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate*");
- D. M. LL. PP. 14/02/1992 ("*Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche*");
- Circ. Min. LL. PP. n° 37406/1993 ("*Legge 5 novembre 1971, n. 1086. Istruzioni relative alle norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche, di cui al decreto ministeriale 14 febbraio 1992*");
- D. M. LL. PP. 09/01/1996 ("*Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche*");
- D. M. LL. PP. 16/01/1996 ("*Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche*");
- D. M. LL. PP. 16/01/1996 ("*Norme tecniche relative ai «criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi»*");
- Circ. Min. LL. PP. n° 156/1996 ("*Istruzioni per l'applicazione delle «Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi» di cui al decreto ministeriale 16 gennaio 1996*");
- Circ. Min. LL. PP. n° 252/1996 ("*Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche di cui al decreto ministeriale 9 gennaio 1996*");
- Circ. Min. LL. PP. n° 65/1997 ("*Istruzioni per l'applicazione delle «Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche» di cui al decreto ministeriale 16 gennaio 1996*");
- D. M. LL. PP. 05/08/1999 ("*Modificazioni al decreto ministeriale 9 gennaio 1996 contenente norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche*");
- D. P. R. n° 380/2001 e ss. mm. ("*Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia*") - **VIGENTE**;
- Norme UNI-EN n° 206-1/2001 ed UNI n° 11104/2004 ("*Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità*") - **VIGENTI**;
- O. P. C. M. n° 3274/2003, n° 3316/2003, n° 3333/2004 e n° 3431/2005 ("*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*") - **PARZIALMENTE VIGENTE**;
- D. G. R. Molise n° 182/2004 ("*Elenco degli edifici e delle opere di competenza regionale*") - **VIGENTE**;
- D. M. II. TT. 14/09/2005 ("*Norme tecniche per le costruzioni*");
- O. P. C. M. n° 3519/2006 ("*Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone*");
- D. M. II. TT. 14/01/2008 ("*Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni*") - **PARZIALMENTE VIGENTE (Allegato B)**;

Affidamento dei servizi di ingegneria ed architettura per la Verifica di Vulnerabilità Sismica degli Edifici Scolastici di Competenza della Città Metropolitana di Napoli, suddiviso in 15 lotti distinti e indipendenti.
LOTTO 2 – CIG: 7693995587

- Circ. Min. II. TT. n° 617/2009 (*"Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008"*);
- D. M. II. TT. 17/01/2018 (*"Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»"*) - **VIGENTE**;
- Circ. Min. II. TT. n° 7/2019 (*"Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018"*) - **VIGENTE**.

3 RELAZIONE GEOLOGICA-GEOTECNICA

3.1 Descrizione del programma di indagine svolte

La relazione geologica finalizzata alla verifica di vulnerabilità sismica del dell'I.T.S. "Emilio Sereni" in via Don Giovanni Bosco 9 (coordinate geografiche European Datum 1950 del sito 40.924451° N - 14.297262° E), nel territorio comunale di Afragola (NA) è stata redatta eseguendo in sequenza diverse fasi operative: la prima è consistita in una serie di sopralluoghi ed in un accorto rilevamento geologico e geomorfologico, i quali hanno permesso di rilevare le litologie affioranti e le caratteristiche morfologiche nei dintorni del sito e, inoltre, di verificare la possibilità di realizzare una campagna di indagini geognostiche e geofisiche in situ.

I dati acquisiti durante le operazioni di campagna sono stati poi confrontati anche con dati bibliografici ottenuti per la redazione di relazioni geologiche effettuate in prossimità del sito di interesse per lavori per privati. In particolare, gli stessi sono stati confrontati con i dati relativi all'allegato geologico del PRG comunale vigente.

In particolare, dallo studio bibliografico sono emerse le seguenti indagini:

- N. 1 sondaggio geognostico spinto fino alla profondità di 30 m dal p.c. e n. 3 prove SPT effettuato alla via La Malfa (PRG).

I dati reperiti hanno consentito di effettuare dunque una modellazione geologica e geotecnica di sito di massima, mentre per un'analisi di dettaglio ed un'analisi sismica di sito è stata effettuata la seguente campagna di indagini:

- N. 2 Prove penetrometriche dinamiche effettuate dalla società Isogea s.r.l. all'uopo incaricata;
- N. 2 prospezioni sismiche con metodologia MASW effettuate dal dr. Geol. Francesco Cuccurullo con strumentazione di sua proprietà.

L'ubicazione delle suddette prove effettuate è riportata nella seguente Figura 2, mentre i relativi report sono riportate in allegato al presente studio.

Affidamento dei servizi di ingegneria ed architettura per la Verifica di Vulnerabilità Sismica degli Edifici Scolastici di Competenza della Città Metropolitana di Napoli, suddiviso in 15 lotti distinti e indipendenti.

LOTTO 2 – CIG: 7693995587



Figura 2: Ubicazione delle indagini effettuate.

3.2 Caratterizzazione geologico-geotecnica del sottosuolo

La geologia generale dell'area è rappresentata dalla presenza di diversi ambienti geologico - strutturali. La Piana Campana è uno dei più estesi bacini quaternari dell'Italia Meridionale; essa è delimitata da rilievi carbonatici Mesozoici che furono smembrati e ribassati durante la tettonica Plio – Pleistocenica. Il graben che ne risultò continuò a sprofondare durante tutto il Quaternario raggiungendo un rigetto verticale variabile dai 3 ai 5 km. Le linee tettoniche lungo le quali è avvenuto tale sprofondamento sono evidenziate lungo i margini della Piana da ripidi versanti di faglie aventi direzioni Appenniniche (NO – SE) ed Antiappenniniche (SO – NE) (Figura 3). Proprio lungo queste strutture recenti si è impostato, durante gli ultimi 50.000 anni, il vulcanismo potassico della provincia Romana e Campana (Roccamonfina, Campi Flegrei, Ischia, Procida e Somma – Vesuvio).

Nel settore orientale della Piana Campana, e più precisamente quello comprendente il Somma – Vesuvio e la Piana del Sarno, indagini geofisiche hanno permesso di ricostruire a grandi linee l'andamento del tetto del substrato carbonatico al di sotto della potente copertura vulcanica e sedimentaria.

Il substrato risulta smembrato in vari blocchi da faglie con andamento prevalentemente appenninico ed antiappenninico, che lo ribassano verso il centro della piana del Sarno fino alla profondità di 2000 metri.

Tale ribassamento continua verso ovest al di sotto del vulcano strato del Somma – Vesuvio dove, in corrispondenza del bordo occidentale del vulcano, la presenza di faglie, orientate SW – NE, determina un gradino strutturale tra la piana del Sarno e quella Napoletano – Volturnina.

Le rocce più antiche, affioranti lungo i margini della Piana, appartengono alla serie carbonatica dell'Appennino Campano. Esse sono costituite da calcari grigi e bianchi, compatti, con frequenti intercalazioni dolomitiche.

Affidamento dei servizi di ingegneria ed architettura per la Verifica di Vulnerabilità Sismica degli Edifici Scolastici di Competenza della Città Metropolitana di Napoli, suddiviso in 15 lotti distinti e indipendenti.

LOTTO 2 – CIG: 7693995587

Questi terreni restituiscono abbondanti resti fossiliferi quali livelli biostromali a rudiste ed anche gasteropodi e lamellibranchi. Dal punto di vista stratigrafico tali depositi sono caratteristici di un ambiente sedimentario in facies di scogliera; pertanto, rappresentano una porzione di piattaforma carbonatica, frammentata e poi variamente dislocata dalle diverse fasi tettoniche che hanno caratterizzato la formazione dell'Appennino Centro - Meridionale.

La serie carbonatica risulta essere ricoperta da imponenti coltri piroclastiche derivati dai vari centri eruttivi campani a cui l'area di interesse è particolarmente esposta.

Tali piroclastiti, spesso rimaneggiate, dilavate e sottoposte a gradi variabili di pedogenesi, sono costituite da successioni di tufi, ceneri, pomici e lapilli.

Questi materiali sono talvolta interessati da fenomeni di rimobilizzazione e deposizione rapida a seguito di eventi meteorologici particolarmente intensi.

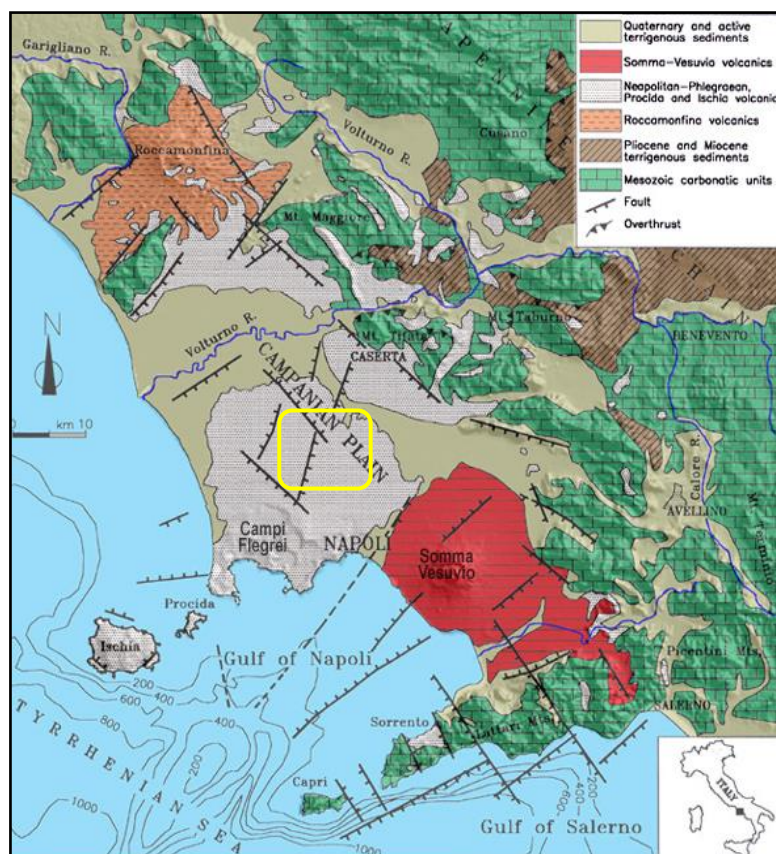


Figura 3: Schema strutturale della Piana Campana e delle strutture bordiere. Nel riquadro giallo rientra l'area di interesse.

L'area in esame si colloca in un settore pianeggiante posto ad est dell'apparato vulcanico dei Campi Flegrei e a nord del Somma Vesuvio.

Il Somma - Vesuvio è uno strato vulcano complesso, costituito dall'alternanza di vari prodotti piroclastici esplosivi e colate di lave. Si distinguono facilmente l'antico apparato del M.te Somma, la cui attività terminò con il collasso della caldera centrale, ed il Vesuvio accresciutosi successivamente quale cono isolato all'interno dell'antica caldera.

La ricostruzione cronologica dell'attività del Somma - Vesuvio parte dai dati ottenuti dalla realizzazione del sondaggio Trecase 1 dell'Agip, che ha messo in evidenza la presenza di un'attività vulcanica, in parte sottomarina, precedente (ProtoSomma)

Affidamento dei servizi di ingegneria ed architettura per la Verifica di Vulnerabilità Sismica degli Edifici Scolastici di Competenza della Città Metropolitana di Napoli, suddiviso in 15 lotti distinti e indipendenti.
LOTTO 2 – CIG: 7693995587

alla messa in posto dell'Ignimbrite Campana (39.000 yrs. B.P.) di origine flegrea. L'esame delle sequenze stratigrafiche, unitamente alle datazioni assolute, consente la suddivisione dell'attività vulcanica in due cicli, uno pre - ignimbritico e l'altro post - ignimbritico. Quest'ultimo a sua volta è suddiviso in attività preistorica e storica.

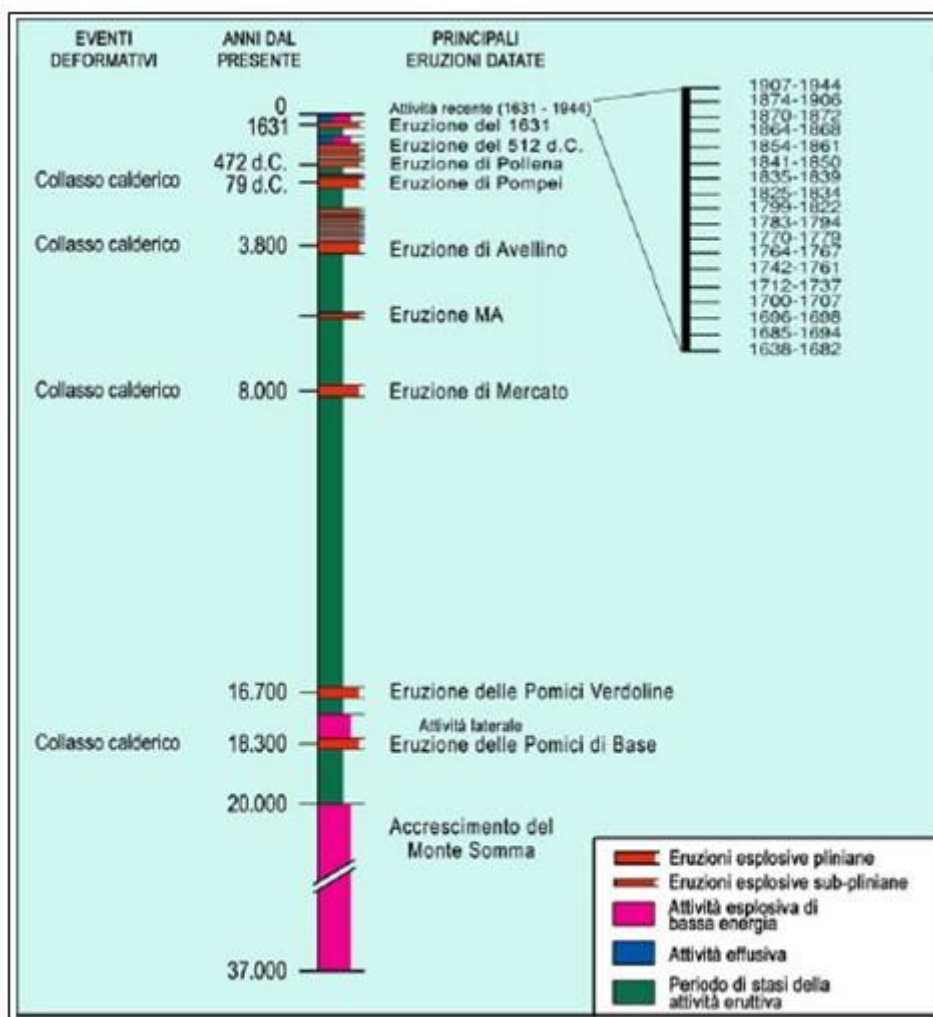


Figura 4: Cronogramma delle eruzioni Vesuviane.

L'esame delle sequenze stratigrafiche, unitamente alle datazioni assolute, ha consentito la suddivisione dell'attività vulcanica flegrea in quattro cicli, di seguito elencati.

- I Ciclo - I prodotti vulcanici appartenenti a tale ciclo hanno un'età antecedente ai 39.000 anni. A questo possono essere ascritte le seguenti formazioni vulcaniche: Vivara, Punta Serra, Torre Murata, Fiumicello; dello "small scale pyroclastic flow" dello scoglio di S. Martino, Monte Grillo e cupole laviche di S. Martino, delle cupole laviche e brecce di Punta Ottimo, Cuma e Marmolite. Inoltre a tale ciclo appartengono anche i tufi di Torre Franco ed un livello di pomici da caduta rinvenuto, per lo più, alla base dell'Ignimbrite Campana.
- Il Ciclo - I depositi vulcanici appartenenti al secondo ciclo hanno un'età compresa tra i 39.000 ed i 30.000 anni. La messa in posto dell'Ignimbrite Campana e lo "small scale pyroclastic flow" con breccia poligenica associata, nota come Formazione del Piperno-Breccia Museo, sono da ascrivere a tale intervallo di tempo.

Affidamento dei servizi di ingegneria ed architettura per la Verifica di Vulnerabilità Sismica degli Edifici Scolastici di Competenza della Città Metropolitana di Napoli, suddiviso in 15 lotti distinti e indipendenti.

LOTTO 2 – CIG: 7693995587

- III Ciclo - Appartengono a tale ciclo i Tufi Biancastri stratiformi (affioranti a Soccavo), i Tufi Antichi (affioranti nella zona urbana di Napoli), la Formazione del Vulcano di Solchiaro (isola di Procida) e la Formazione del Vulcano di Torregaveta. Questi depositi hanno un'età probabilmente compresa tra i 18.000 ed i 15.000 anni. A tale ciclo si annovera anche la messa in posto del Tufo Giallo Napoletano avente una età di circa 14.000 anni.
- IV Ciclo - L'età assoluta delle formazioni appartenenti a quest'ultimo ciclo partono da 10.000 anni per giungere all'eruzione storica del Monte Nuovo verificatasi nel 1538. Sono da ascrivervi le formazioni dei vulcani del tufo giallo pseudostratificato, dei vulcani piroclastici monogenici, di coni di scorie, di cupole laviche e dello stesso Monte Nuovo. Nello specifico nel corso di questo ciclo si sono registrate in un lasso di tempo compreso tra il 10.500 yr. B. P. ed il 1538 d.C., ben dodici eruzioni i cui depositi costituiscono dei veri e propri livelli guida utilizzati nella ricostruzione della stratigrafia non solo della zona Flegrea.

Numerose eruzioni prevalentemente aeree caratterizzano questo periodo ricoprendo così la caldera ed i margini esterni con una spessa coltre di tefra ben stratificati. Rare risultano le effusioni laviche.

Le eruzioni principali risultano:

- Pomici Principali (Agnano autoctona) 10.000 yr. B. P. - la più importante eruzione flegrea degli ultimi 10.000 anni. I prodotti di fall di pomici presentano un'ampia area di distribuzione con asse di dispersione allungato per più di 50 km ad est del cratere. A Napoli l'orizzonte presenta uno spessore prossimo ai 2.0 m. Caratteristica la presenza di sottili intercalari di ceneri nel fall di pomici.
- Minopoli - i prodotti di questa eruzione di tipo stromboliano cominciano con un fall di lapilli, ceneri pisoolitiche, fall di lapilli, blocchi e bombe e ceneri a stratificazione incrociata.
- San Martino - per questa eruzione pliniana il livello guida è fornito da un fall di pomici ben riconoscibile nel settore NE dei Campi Flegrei. L'eruzione risulta assente nell'area cittadina.
- Montagna Spaccata - i tefra di questa eruzione presentano una prevalente distribuzione verso NW rispetto ad un centro eruttivo posto presso Quarto ed oggi completamente sepolto.
- Baia - i prodotti di tefra sono prevalentemente rappresentati da un fall di pomici bianche, disperse in un raggio di 3 km verso ovest rispetto alla caldera. Età attendibile prossima a 8.400 yr. B.P. Assente nell'area di interesse.
- Pisani - il livello da fall di pomici risulta disperso verso N-NW da una caldera posta nella porzione centroseptentrionale dei Campi Flegrei. Assente nell'area di interesse.

L'età assoluta delle formazioni appartenenti alla ultima parte di attività del IV ciclo partono da 4.500 anni per giungere all'eruzione storica verificatasi nel 1538 del Monte Nuovo.

Tra gli orizzonti guida abbiamo, partendo dalle eruzioni più antiche alle più recenti:

- Tufi policromi di Agnano - l'eruzione presenta una sequenza costituita da un fall pomiceo con xenoliti rossastri.
- Paleoastroni - la sequenza di fall pomiceo e successivi surges è distribuita ancora una volta prevalentemente verso N-NW.
- Agnano-Monte Spina (4.100 yr. B. P.). Eruzione di rilevante importanza (seconda solo all'eruzione delle Pomici Principali 10.000 yr. B.P.). La dispersione dei prodotti da fall avviene soprattutto verso E-NE per un conseguente spessore prossimo al metro nell'area di Napoli. I prodotti rappresentano un orizzonte marker per la preistoria di buona parte della Piana Campana raggiungendo la zona di Avellino e Montesarchio.
- Averno (3.650 yr. B.P.) - questa importante eruzione affiora prevalentemente nell'area occidentale dei Campi Flegrei. Prevalentemente assente nell'area di interesse.
- Senga (3.700 yr. B.P.) - depositi di pomici giallastre in alternanza con livelli di ceneri. Prevalentemente assente nell'area di interesse.

Affidamento dei servizi di ingegneria ed architettura per la Verifica di Vulnerabilità Sismica degli Edifici Scolastici di Competenza della Città Metropolitana di Napoli, suddiviso in 15 lotti distinti e indipendenti.

LOTTO 2 – CIG: 7693995587

- Monte Nuovo (1538 d.C.) - prima di questa eruzione l'attività dei Campi Flegrei attraversa un lungo periodo di quiescenza. I relativi prodotti piroclastici investono solo le aree più prossime al piccolo edificio vulcanico. Sono da ascrivervi le formazioni dei vulcani di tufo giallo pseudostratificato, dei vulcani piroclastici monogenici, di conici di scorie, di cupole laviche e dello stesso Monte Nuovo.

L'analisi dei dati geocronologici complessiva evidenzia quindi la presenza di un intervallo di età compreso tra i 30.000 ed i 20.000 anni; esso probabilmente è da correlare ad uno stato di quiescenza determinatosi dopo l'eruzione, e quindi la messa in posto, dell'Ignimbrite Campana.

Dalle osservazioni stratigrafiche e geologico-strutturali su larga scala è possibile fare le seguenti osservazioni:

- La stragrande maggioranza dei depositi piroclastici derivano dalla messa in posto di materiale caratterizzato da basse temperature (base surge deposits) e diffuso su aree limitate.
- Data la distribuzione areale di alcuni depositi piroclastici (es. Ignimbrite Campana) ad essi viene attribuita una presumibile origine fissurale.
- Si evidenziano alcune forme non correlabili a forme crateriche (small scale pyroclastic flow, brecce) localizzate lungo linee di frattura.
- I depositi pliniani e sub-pliniani sono scarsamente rappresentati, se si escludono i prodotti del IV ciclo.
- Tutti i crateri presenti sono indubbiamente originati da un unico evento eruttivo (edifici vulcanici monogenici).
- L'attuale geometria e le dimensioni dei crateri derivano presumibilmente dalle violente eruzioni e non sono correlabili a fenomeni di crollo post-eruttivi.
- La distribuzione areale dei prodotti vulcanici, in relazione all'età, probabilmente indica che il sistema Campi Flegrei si orienta verso fasi parossistiche sempre più decrescenti.

La caratterizzazione geochemica dei prodotti dei Campi Flegrei, realizzata in base ai parametri normativi D.I. $An \times 100 / An + Ab$ sui campioni prelevati nell'intero territorio flegreo di pomici, scorie, xenoliti lavici, lave e ossidiane, li classifica come Trachiti Alcaline, Trachiti, Latiti, Trachibasalti, Fonoliti e K-Basalti.

Affidamento dei servizi di ingegneria ed architettura per la Verifica di Vulnerabilità Sismica degli Edifici Scolastici di Competenza della Città Metropolitana di Napoli, suddiviso in 15 lotti distinti e indipendenti.

LOTTO 2 – CIG: 7693995587

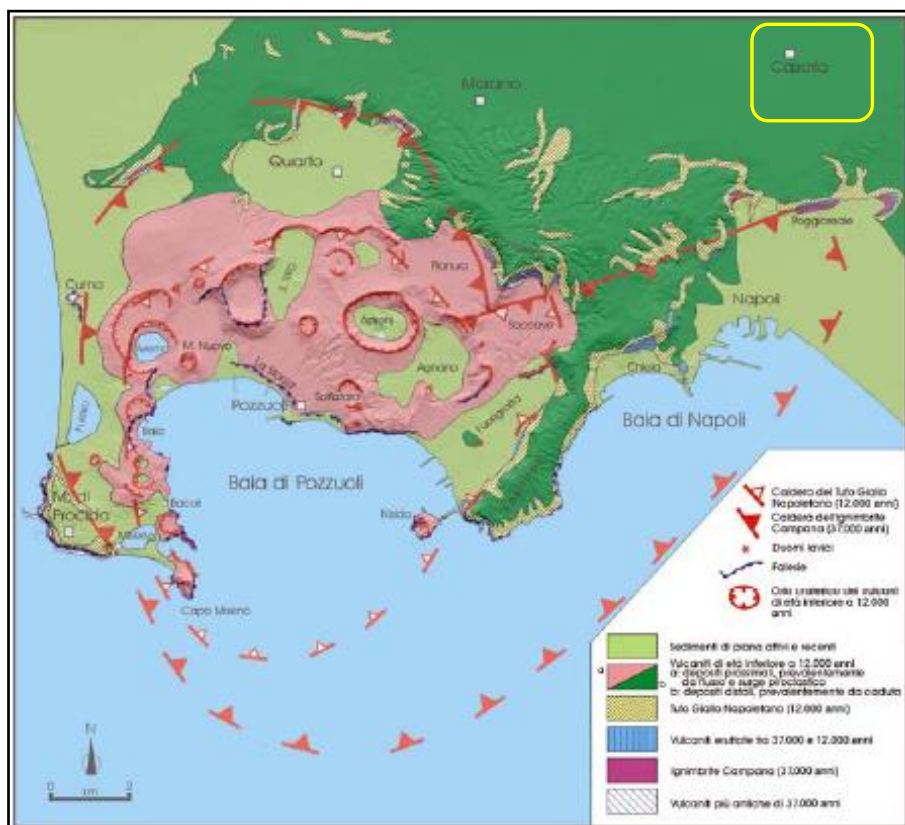


Figura 5: Carta Geologica Schematica dei Campi Flegrei. Nel riquadro giallo rientra l'area di studio.

L'area di interesse rientra nel Foglio n° 447 – Napoli della Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000 (Figura 6). Dalla stessa risulta che il sito di interesse si ubica sui depositi appartenenti all'area dei Campi Flegrei del Subsistema di Contrada Romano (VEF₁₂). Essi sono rappresentati da una successione di depositi prevalentemente cineritici, finemente stratificati con intercalati livelli di lapilli pomicei da caduta.

Affidamento dei servizi di ingegneria ed architettura per la Verifica di Vulnerabilità Sismica degli Edifici Scolastici di Competenza della Città Metropolitana di Napoli, suddiviso in 15 lotti distinti e indipendenti.

LOTTO 2 – CIG: 7693995587

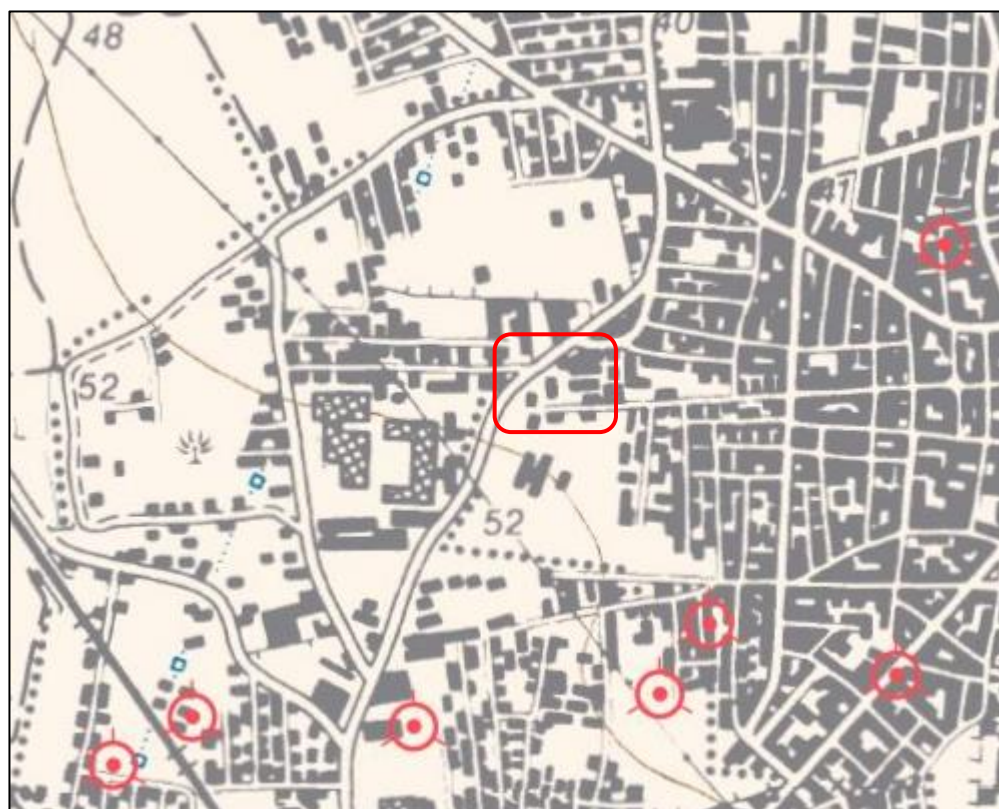


Figura 6: Stralcio della Carta Geologica d'Italia, Foglio 447 – Napoli. Nel riquadro rosso rientra l'area di studio.

Per caratterizzare geotecnicamente il sito di imposta sono state utilizzate le prove penetrometriche DPSH effettuate in situ. I dati acquisiti sono stati confrontati con valori bibliografici di riferimento. La successione così ottenuta è stata riepilogata nella successiva Tabella 1:

Affidamento dei servizi di ingegneria ed architettura per la Verifica di Vulnerabilità Sismica degli Edifici Scolastici di Competenza della Città Metropolitana di Napoli, suddiviso in 15 lotti distinti e indipendenti.

LOTTO 2 – CIG: 7693995587

Tabella 1: Successione geotecnica di sito. N_{SPT} = Numero di colpi medio dello strato; D_r = densità relativa (correlazione di Gibbs & Goltz – 1957); Φ = Angolo di attrito (correlazione di Meyerhof, 1965); E_y = modulo di Young (correlazione di Schmertmann - 1978); E_d = modulo edometrico (correlazione di Farrent, 1963); Y = peso di volume secco del terreno (correlazione di Meyerhof et alii); Y_{SAT} = peso di volume saturo del terreno (correlazione di Terzaghi-Peck); C = coesione.

Complesso	C_1	C_2
Profondità (m)	0.0–6.4	6.4-10.0
Descrizione litologica	Piroclastiti sciolte a granulometria limo-sabbiosa	Sabbia a luoghi debolmente limosa e/o limo sabbioso, con rade pomici.
N_{SPT}	3-5	11-14
D_r (%)	30-40	50-60
Φ (°)	25-26	28-29
E_y (MPa)	4.5	11.5
E_d (MPa)	5.0	12.5
Class. A.G.I.	SCIOLTO	POCO ADDENSATO
Y (t/m³)	1.5	1.5
Y_{SAT} (t/m³)	1.7	1.7
c (KPa)	-	-

I dati ottenuti dalle indagini effettuate, confrontati anche con dati bibliografici, mettono in evidenza l'esistenza di un'eterogeneità geomeccanica dei terreni interessati che rispecchia un'eteropia di facies sia orizzontale che verticale del sottosuolo.

È possibile evidenziare la presenza di terreni le cui caratteristiche geomeccaniche migliorano con la profondità. Si evidenzia, quindi, la presenza di terreni con caratteristiche geomeccaniche variabili da discrete a buone.

Inoltre, come già accennato in precedenza, non si evidenzia alcun livello di falda. Lo stesso, infatti, è individuato a profondità di circa 25/30 m dal p.c..

Affidamento dei servizi di ingegneria ed architettura per la Verifica di Vulnerabilità Sismica degli Edifici Scolastici di Competenza della Città Metropolitana di Napoli, suddiviso in 15 lotti distinti e indipendenti.
LOTTO 2 – CIG: 7693995587

3.3 Profilo stratigrafico del sottosuolo

Per quanto riguarda la stratigrafia di sito dell'area di studio, la stessa è stata desunta a partire dal sondaggio geognostico S6 tratto dallo studio geologico per il PRG effettuato al Centro Luno - Via La Malfa e dai quali si evidenzia la seguente colonna stratigrafica rappresentativa:

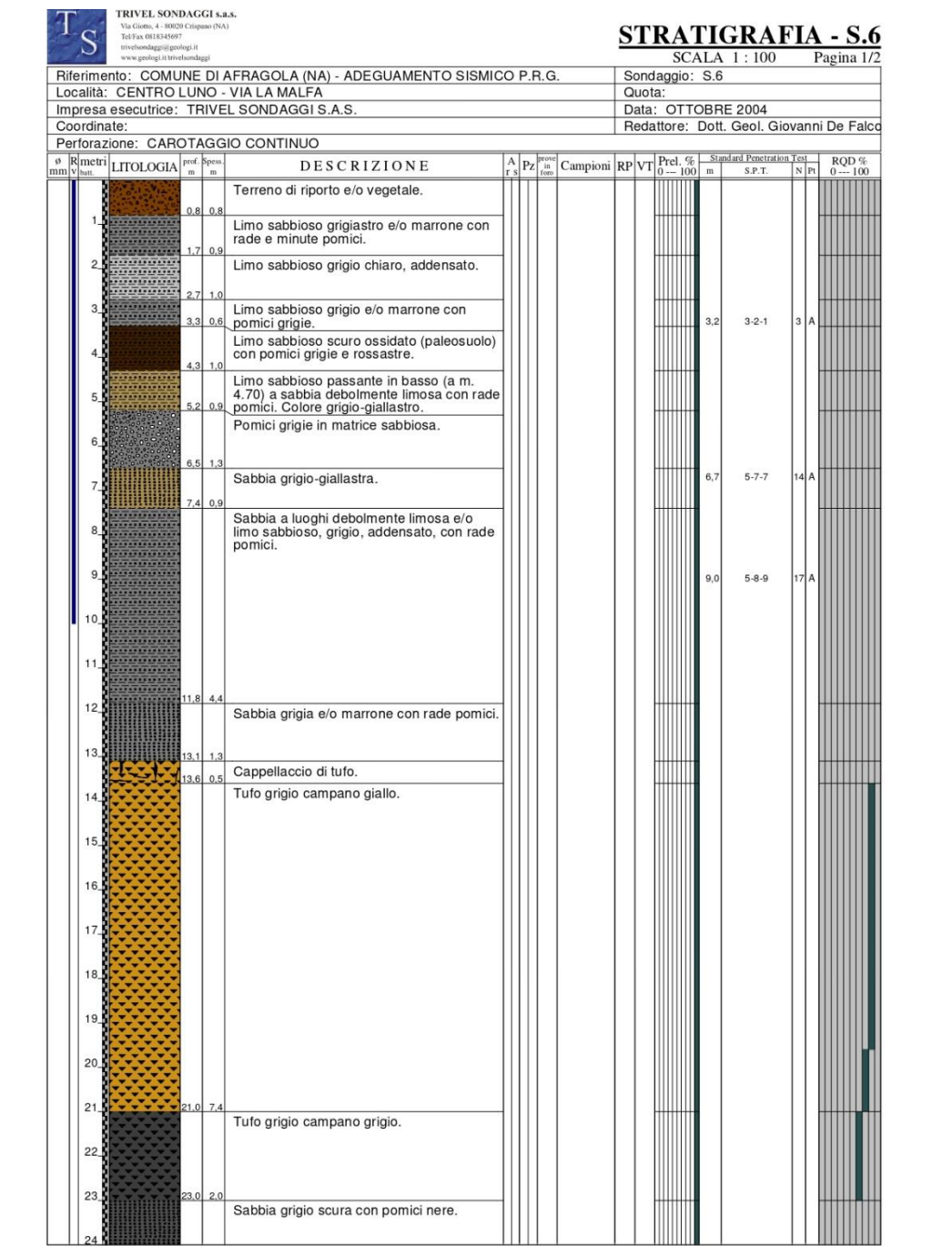


Figura 7: Sondaggio S6 PRG - da 0 a 24 m.

Affidamento dei servizi di ingegneria ed architettura per la Verifica di Vulnerabilità Sismica degli Edifici Scolastici di Competenza della Città Metropolitana di Napoli, suddiviso in 15 lotti distinti e indipendenti.
LOTTO 2 – CIG: 7693995587

TS

TRIVEL SONDAGGI s.a.s.

Via Gioiello, 4 - 80020 Crispiano (NA)

Tel/Fax 081/345697

trivelsondaggi@geologi.it

www.geologi.it/trivelsondaggi

STRATIGRAFIA - S.6

SCALA 1 : 100

Pagina 2/2

Riferimento: COMUNE DI AFRAGOLA (NA) - ADEGUAMENTO SISMICO P.R.G.

Località: CENTRO LUNO - VIA LA MALFA

Impresa esecutrice: TRIVEL SONDAGGI S.A.S.

Coordinate:

Perforazione: CAROTAGGIO CONTINUO

Sondaggio: S.6

Quota:

Data: OTTOBRE 2004

Redattore: Dott. Geol. Giovanni De Falco

Ø mm	R V	metri batt.	LITOLOGIA	prof. m	Spess. m	DESCRIZIONE	A r s	Pz	prova in fuoco	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	Standard Penetration Test			RQD % 0 --- 100	
														m	S.P.T.	N	Pi	
				24,3	1,3	Sabbia grigio scura con pomici nere.												
	25			25,2	0,9	Sabbia grigia con pomici minute.												
						Limo sabbioso grigio.												
	26			26,0	0,8													
	27					Sabbia grigio scura a luoghi debolmente limosa con scorie grossolane scure.												
	28																	
	29																	
101	30			30,0	4,0													

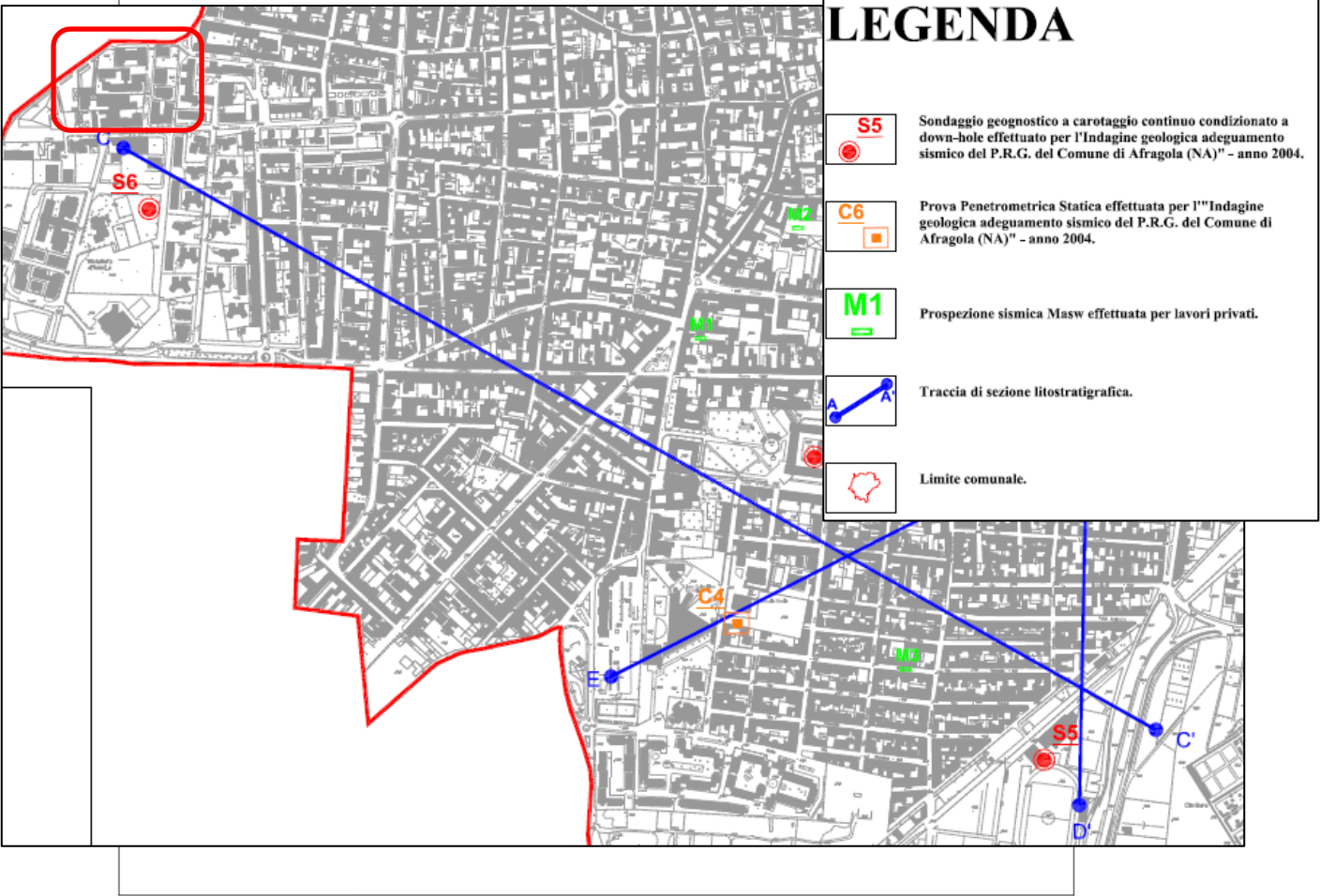


Figura 8: Sondaggio S6 PRG - da 24 a 30 m – Ubicazione del sondaggio S6 e della Sezione schematica C-C'. Nel rettangolo rosso il sito di interesse progettuale.

Affidamento dei servizi di ingegneria ed architettura per la Verifica di Vulnerabilità Sismica degli Edifici Scolastici di Competenza della Città Metropolitana di Napoli, suddiviso in 15 lotti distinti e indipendenti.
LOTTO 2 – CIG: 7693995587

3.4 Sezione geologico stratigrafica

Di seguito si riporta una sezione geologico-stratigrafica dell'area di interesse, redatta dal sottoscritto nel 2013. L'ubicazione degli stessi è riportata nella precedente Figura 8.

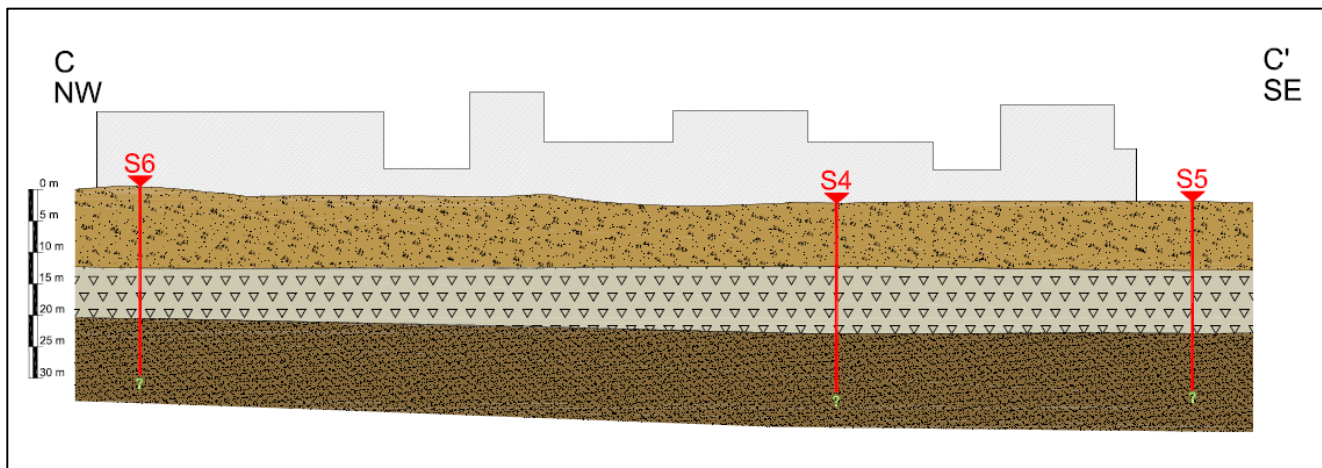


Figura 9: Sezione geologico-stratigrafica.



3.5 Dissesti in atto o potenziali

Per la valutazione del rischio idraulico ed idrogeologico del sito oggetto di intervento si fa riferimento al Piano Stralcio per l'assetto Idrogeologico del Territorio dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale redatto dall'ex Autorità di Bacino Campania Centrale e adottato con Delibera di Adozione del Comitato Istituzionale n. 1 del 23/02/2015.

Affidamento dei servizi di ingegneria ed architettura per la Verifica di Vulnerabilità Sismica degli Edifici Scolastici di Competenza della Città Metropolitana di Napoli, suddiviso in 15 lotti distinti e indipendenti.
LOTTO 2 – CIG: 7693995587

All'interno del suddetto piano, l'area di stretto interesse rientra nella Tavola n. 447081. Lo stesso elemento 447081 non presenta alcuna area di rischio e pertanto non sono riportati gli stralci nel PSAI. Dunque l'area di per sé non rientra in alcuna fascia di pericolosità/rischio idraulico né tantomeno di pericolosità/rischio da frana.

Nelle rocce che costituiscono il sottosuolo dell'area napoletana non si possono creare naturalmente cavità; l'acqua che precipita sul suolo e poi vi scorre sopra si infiltra, in parte, nel sottosuolo lentamente attraverso i pori presenti tra le particelle che costituiscono le rocce, andando ad alimentare la falda di base. Tale falda è rappresentata dall'acqua che satura i pori delle rocce e si rinviene ad oltre 20 metri di profondità nel sottosuolo del centro storico di Afragola.

Tutte le cavità che si rinvencono nel sottosuolo non sono naturali e hanno essenzialmente la seguente origine:

- sono create continuamente dalla escavazione provocata da fuoriuscita concentrata ed in pressione di liquidi da lesioni di fognature e acquedotti quando si verificano in corrispondenza di particolari situazioni morfologiche, stratigrafiche e giaciture delle rocce sciolte piroclastiche;
- sono state realizzate dall'uomo a partire dall'Antichità per estrarre la roccia tufacea e le pomice per la costruzione di manufatti sulla superficie del suolo;
- sono state costruite per creare collegamenti sotterranei, reti acquedottistiche e fognarie.

La stratigrafia delle rocce del sottosuolo è ben nota e differenziata in una parte superficiale dello spessore variabile da circa 10 metri a 25 metri da terreni prevalentemente a grana fine denominati "pozzolane" con livelli a grana grossa di sabbie e pomice; tali depositi sono i prodotti di varie attività esplosive dei Campi Flegrei e del Somma Vesuvio e hanno età più recente di 12.000 anni BP. Al di sotto si rinviene il Tufo Grigio Campano avente spessore variabile da pochi metri ad alcune decine di metri; l'età è di circa 39.000 anni BP.

Il Tufo Grigio rappresenta un'ottima roccia da costruzione, ha buone caratteristiche geotecniche e facilmente lavorabile.

La roccia si presenta compatta e interessata da fratture subverticali; la parte alta del tufo avente uno spessore variabile da circa 1m ad alcuni m si presenta generalmente stratificata e quindi con discontinuità suborizzontali (oltre alle fratture subverticali) ed ha, quindi, caratteristiche geotecniche più scadenti del tufo compatto e massiccio.

Gli acquedotti e le fognature sono ubicati nel sottosuolo prevalentemente all'interno dei terreni sciolti costituiti da pozzolane, pomice e sabbie. Tali terreni sono facilmente erodibili dall'acqua che fuoriesce in pressione dalle condutture lesionate per cui, in particolari condizioni morfologiche e giaciture dei terreni sciolti e qualora le condutture siano ubicate in corrispondenza dei livelli a più elevata permeabilità, si possono creare nuove cavità nel sottosuolo per erosione progressiva dei terreni attorno alle condutture; il terreno eroso dall'acqua viene trasportato dall'acqua stessa prevalentemente attraverso gli strati di pomice o sabbie ad elevata permeabilità e pertanto continuamente allontanato per cui la cavità iniziale in corrispondenza della fuoriuscita del liquido si ingrandisce progressivamente fino a diventare una piccola "grotta" per crolli successivi della volta.

Il fenomeno diventa di grande dimensione quando l'acqua fuoriesce con le stesse modalità di cui innanzi si immette nei vuoti preesistenti nel sottosuolo e/o nell'ammasso tufaceo (cave, pozzi, cunicoli, ecc.) in corrispondenza dell'immissione del liquido nel vuoto, nel terreno si forma una cavità iniziale che si ingrandisce a ritroso progressivamente assumendo l'aspetto di una piccola cavità che per crolli e/o erosione successiva o per vero e proprio sifonamento può assumere dimensioni notevoli.

Lo smaltimento sotterraneo dell'acqua fuoriuscita, pertanto, non può essere notato sulla superficie del suolo per cui il processo continua ad indebolire la struttura del sottosuolo.

Inizialmente la profondità di tali cavità è in relazione alla profondità a cui sono ubicate le condutture; l'ampiezza delle cavità può dipendere dalla portata delle condotte, dalle caratteristiche tecniche dei terreni incassanti, dalla morfologia delle aree circostanti, dalla eventuale presenza di altre cavità lateralmente e verticalmente.

Affidamento dei servizi di ingegneria ed architettura per la Verifica di Vulnerabilità Sismica degli Edifici Scolastici di Competenza della Città Metropolitana di Napoli, suddiviso in 15 lotti distinti e indipendenti.
LOTTO 2 – CIG: 7693995587

In superficie, prima del crollo definitivo, possono cominciare a rendersi evidenti avvallamenti e/o segni premonitori sulle stesse strutture in elevazione che se osservate da esperti possono consentire di evitare possibili disastri. Il crollo, in genere, avviene improvvisamente e può determinare l'inghiottimento di autovetture, persone, parti di edifici, ecc..

Nel sottosuolo, prevalentemente nella parte del centro storico del territorio comunale di Afragola sono state realizzate cavità per estrarre le pomici dai livelli superficiali presenti, generalmente, nei primi 10-20 metri creando pozzi verticali e gallerie ramificate, non rivestite, con sviluppo orizzontale e ubicazione assolutamente imprevedibili. Tali gallerie hanno diametro variabile e un'altezza connessa allo spessore del livello di pomici (intorno ad 1 m.). Una volta esaurita l'estrazione il pozzo verticale veniva chiuso dalla superficie realizzando una copertura in legno o un piccolo solaio lasciando vuoti parte del pozzo stesso e le gallerie non rivestite.

Nel tufo sottostante sono state realizzate cavità di dimensioni nettamente superiori.

Per facilitare il prelievo del tufo e per areare le gallerie si costruivano pozzi verticali prevalentemente non rivestiti anche nella parte ricavata nelle piroclastiti sciolte. Il tufo, spesso, veniva estratto fino alla sommità dove compariva il tufo stratificato con scadenti caratteristiche (rispetto al tufo compatto). Le gallerie erano realizzate quasi sempre per estrarre a rapina il tufo e non erano strutturate per resistere nel tempo senza manutenzione per cui i pozzi verticali che mettevano in comunicazione la cava nel sottosuolo con la superficie molto spesso non erano rivestiti e la volta era quasi sempre costituita dal tufo grigio stratificato interessato da discontinuità suborizzontali e verticali e quindi destinato a degradarsi nel tempo.

Pertanto, il centro storico è interessato da numerose cavità non strutturate per resistere nel tempo, senza manutenzione, e quindi destinate a degradarsi dando luogo a crolli delle parti strutturalmente più deboli rappresentate di solito dai pozzi verticali di collegamento con la superficie del suolo. L'urbanizzazione di tali aree ha naturalmente peggiorato la situazione e determinato le premesse per luttuose tragedie.

Oltre agli eventi naturali come i terremoti, le attività dell'uomo aggravano la situazione nelle aree in cui nel sottosuolo vi sono delle cavità, conosciute o ignote e comunque senza alcuna areazione e manutenzione, accelerando i processi di degrado delle rocce che costituiscono le volte ed i piedritti, essenzialmente per i seguenti motivi:

- sono stati posti nuovi carichi sulla superficie con la costruzione di edifici; spesso sono stati realizzati inconsapevolmente manufatti (edifici, strade, acquedotti, fognature ecc.) al di sopra dei pozzi verticali riempiti nella porzione sommitale con terreni di riporto prevalentemente di natura simile a quella delle rocce sciolte in posto occultandone quindi la presenza.

- acquedotti e fognature lesionati determinano fuoriuscite concentrate di liquidi che possono provocare una veloce infiltrazione nel sottosuolo fino a raggiungere le cavità sottostanti prevalentemente attraverso i pozzi verticali; in tal modo si può determinare il trasporto delle particelle più fini delle rocce sciolte attraversate dall'acqua e in presenza di cavità con volte di tufo fratturato, nel tempo, si può avere erosione della volta tufacea e una conseguente accelerazione del fenomeno di sifonamento e/o una notevole diminuzione della stabilità d'insieme. La fuoriuscita concentrata di acqua determina anche uno scadimento delle caratteristiche geotecniche delle rocce sciolte e delle caratteristiche meccaniche del tufo; può accelerare, inoltre, l'alterazione delle rocce e il distacco di blocchi di tufo stratificato dalla volta e progressivamente di parti di rocce sciolte sovrastanti il tufo. A tal proposito, si segnala che i terreni piroclastici in presenza di acqua si assestano facilmente dando luogo a cedimenti che possono creare anche notevoli disturbi alle strutture presenti sul territorio e ciò senza variazione dei carichi agenti. Il tufo imbibito di acqua fa registrare una diminuzione della resistenza a rottura perché pur rimanendo quasi costante l'angolo di attrito con la saturazione si ha un notevole calo della coesione.

La fuoriuscita dalle condotte sotterranee di liquidi in pressione può dare origine a nuove cavità che si sviluppano nelle piroclastiti sciolte pozzolaniche qualora l'acqua e le particelle fini possano essere smaltiti per via sotterranea lungo i livelli di pomici e sabbie o per infiltrazione verticale in sottostanti cavità. Le cavità di neoformazione si ampliano per crolli successivi, dal basso verso l'alto, dei terreni sciolti che costituiscono la volta.

Affidamento dei servizi di ingegneria ed architettura per la Verifica di Vulnerabilità Sismica degli Edifici Scolastici di Competenza della Città Metropolitana di Napoli, suddiviso in 15 lotti distinti e indipendenti.
LOTTO 2 – CIG: 7693995587

Sul sito di interesse non si registra la presenza di latomie note. Di seguito si riporta lo stralcio di una carta geomorfologica redatta dal sottoscritto in cui si evidenzia la presenza di cavità note.

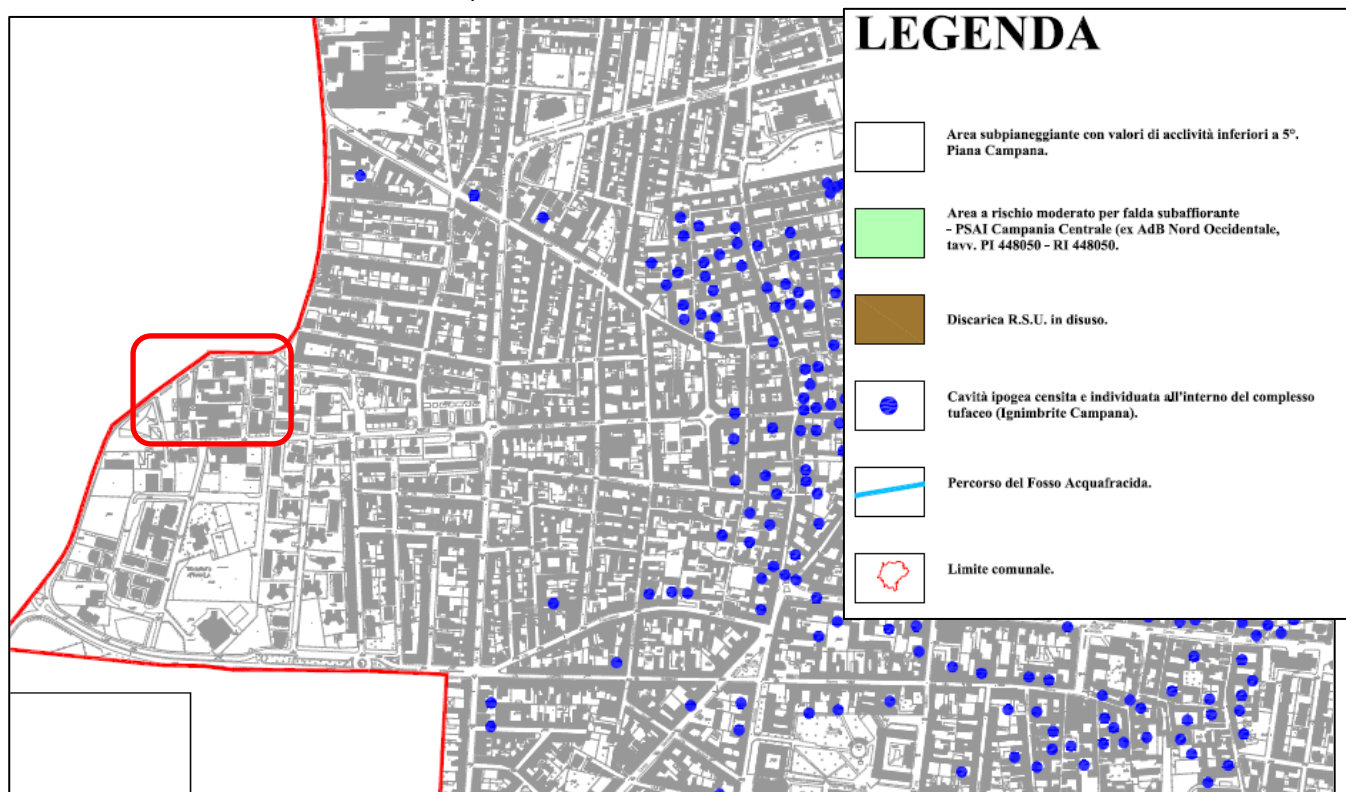


Figura 10: Stralcio Carta geomorfologica con ubicazione delle cavità note. Nel rettangolo rosso il sito di interesse progettuale.

3.6 Lineamenti geomorfologici della zona (geol)

L'area in cui ricade territorio comunale di Afragola (NA) si inserisce nell'ambito dell'unità fisiografica e geologica della Piana Campana, vasta area subpianeggiante compresa tra il mar Tirreno ad ovest, il M. Massico a Nord, i Monti di Avella e di Sarno ad est ed i monti Lattari a sud, che ingloba le due notevoli strutture vulcaniche del Somma – Vesuvio e dei Campi Flegrei (Figura 11).

Affidamento dei servizi di ingegneria ed architettura per la Verifica di Vulnerabilità Sismica degli Edifici Scolastici di Competenza della Città Metropolitana di Napoli, suddiviso in 15 lotti distinti e indipendenti.

LOTTO 2 – CIG: 7693995587



Figura 11: Immagine satellitare della Piana Campana. Nel riquadro rosso rientra l'area di interesse.

Tale areale presenta una morfologia molto regolare, caratterizzata da una debole pendenza tendente verso Ovest, linea di deflusso della piana che mediamente assume un valore del 3% escludendo le aree dove l'attività antropica ha localmente modificato la morfologia.

L'area in esame si ubica al confine tra i comuni di Afragola e Casoria, in piena piana morfologica, ben lontana da alvei e/o linee di impluvio significative. Lo stesso si inserisce ad una quota assoluta sul livello medio del mare pari a circa 45 m, in un contesto sub-pianeggiante classificabile, quindi, in categoria topografica T1 (Categoria topografica T1 = Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$).

Affidamento dei servizi di ingegneria ed architettura per la Verifica di Vulnerabilità Sismica degli Edifici Scolastici di Competenza della Città Metropolitana di Napoli, suddiviso in 15 lotti distinti e indipendenti.

LOTTO 2 – CIG: 7693995587

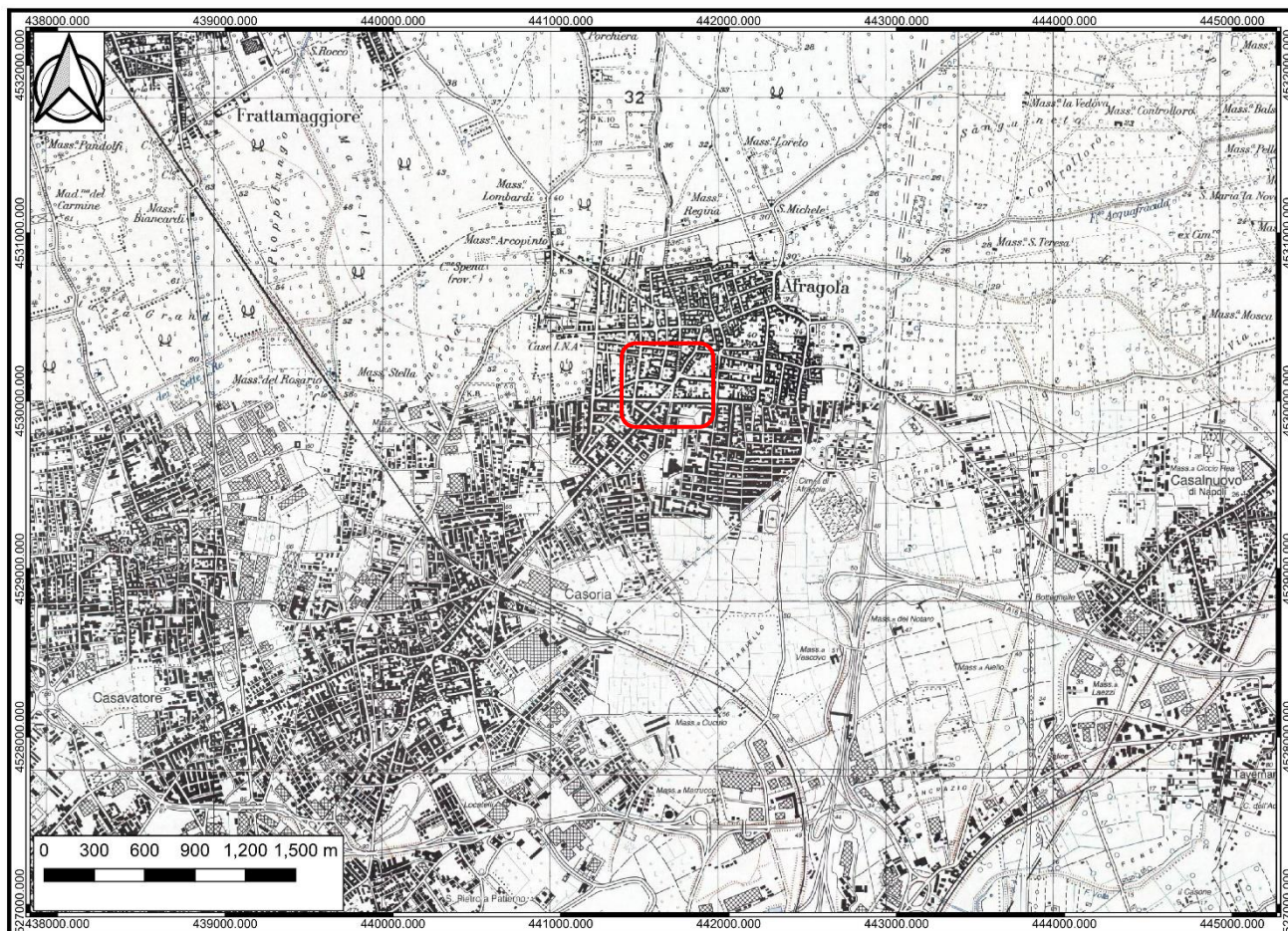


Figura 12: Stralcio della Carta Tecnica Regionale in scala 1:25.000. In rosso è indicata l'area di studio.

Nell'area non si individuano corsi d'acqua principali ma le acque meteoriche sono incanalate e convogliate verso il mare lungo le vie cittadine ed il sistema fognario.

3.7 Litostratigrafia locale (geol)

La litostratigrafia di sito dell'area di studio è stata desunta a partire dal sondaggio S6, riportato in precedenza (vedi par. 3.3).

3.8 Caratterizzazione geostrutturale generale (geol)

La penisola italiana è una delle zone sismicamente più attive del Mediterraneo. Essa è stata, inoltre, sede di alcune tra le più antiche civiltà e ciò ha permesso la registrazione di notizie attendibili anche di eventi sismici molto antichi. Tuttavia, solo a partire dal XIX secolo gli studiosi di sismologia hanno cominciato ad estrarre da queste cronache le informazioni riguardanti i terremoti nel tentativo di "scrivere" una storia sismica italiana.

Dalla raccolta e classificazione sistematica di eventi sismici sono nati i primi cataloghi dei terremoti. La prima versione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, CPT199, è stata realizzata utilizzando tutti gli studi macrosismici e strumentali resi disponibili dal 1999 in poi. L'ultima versione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, CPT15, aggiornata al 2015, comprende tutti i terremoti a partire dall'anno 1000 al 2014.

Affidamento dei servizi di ingegneria ed architettura per la Verifica di Vulnerabilità Sismica degli Edifici Scolastici di Competenza della Città Metropolitana di Napoli, suddiviso in 15 lotti distinti e indipendenti.

LOTTO 2 – CIG: 7693995587

Numerosi studi hanno sottolineato che la pericolosità sismica non dipende solo dal tipo di terremoto, dalla distanza tra l'epicentro e la località interessata ma, soprattutto, dalle caratteristiche geologiche dell'area di interesse. Infatti, la geometria della struttura del sottosuolo, le variazioni dei tipi di terreni e delle sue proprietà con la profondità, le discontinuità laterali e la superficie topografica sono all'origine delle larghe amplificazioni delle vibrazioni del terreno e sono stati correlati alla distribuzione del danno durante i terremoti distruttivi (Aki, 1993; Bard, 1994; Faccioli, 1991, 1996; Chavez - Garcia et alii, 1996).

Questi fattori sono particolarmente importanti per la corretta valutazione dell'azione sismica nell'ambito della difesa dai terremoti e, per tale motivo, ai fini della riduzione del rischio sismico, è importante riconoscere le aree in cui le oscillazioni del suolo sono più ampie e definire le frequenze con le quali esse tendono ad oscillare.

L'azione esercitata localmente dagli strati più superficiali che operano sia da filtro che d'amplificatore, costituisce quello che va sotto il nome d'Effetto di Sito. Riconoscere in dettaglio le aree caratterizzate in media da uguale Risposta di Sito dovuta alle caratteristiche geologiche o alla topografia, è diventata una richiesta fondamentale negli studi geologici e geofisici relativi alle costruzioni.

Anche la nuova normativa sismica del territorio italiano (OPCM, n. 3274/2003; OPCM n. 3519 del 28/04/2006, D. M. 14 gennaio 2008 e D.M. 17 gennaio 2018), sottolineano l'importanza della conoscenza delle condizioni geologiche del sito per adeguare le tecniche di costruzione.

Il territorio comunale di Afragola (NA), interessato nell'arco della sua storia sismica da più eventi, risente fortemente dell'effetto di sismi generatisi in due delle zone sismogenetiche definite dalla Zonazione Sismogenetica ZS9 a cura di Meletti e Valensise (marzo 2004) (Figura 13).

Tali fasce sismogenetiche sono:

- 927: Appennino campano – lucano;
- 928: Vulcani vesuviani;

Nello specifico, l'area di interesse rientra all'interno della Zona Sismogenetica 928 relativa ai vulcani vesuviani (Figura 14).

Affidamento dei servizi di ingegneria ed architettura per la Verifica di Vulnerabilità Sismica degli Edifici Scolastici di Competenza della Città Metropolitana di Napoli, suddiviso in 15 lotti distinti e indipendenti.

LOTTO 2 – CIG: 7693995587

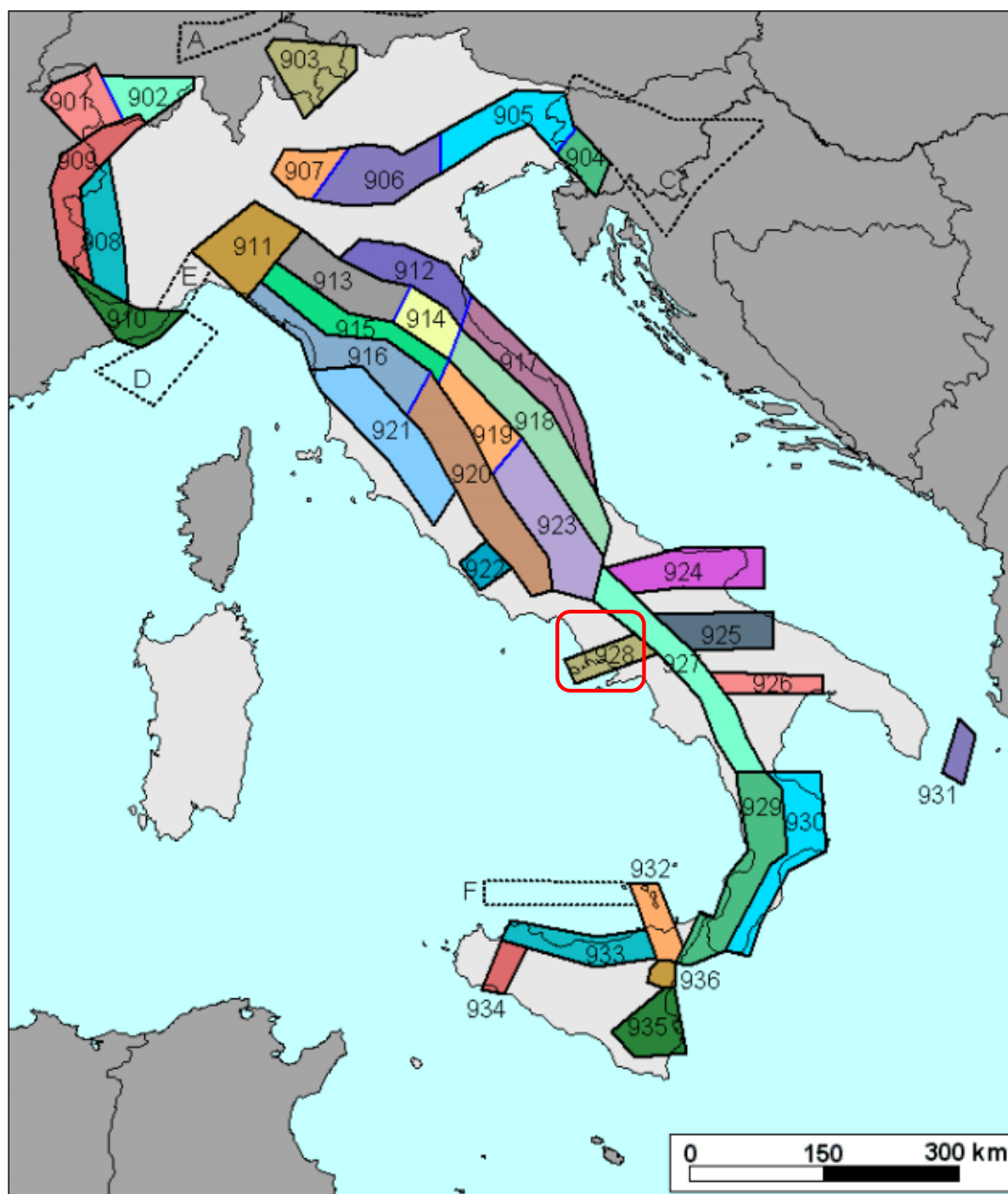


Figura 13: Zonazione Sismogenetica ZS9. Nel riquadro rosso è evidenziata l'area di interesse.

Affidamento dei servizi di ingegneria ed architettura per la Verifica di Vulnerabilità Sismica degli Edifici Scolastici di Competenza della Città Metropolitana di Napoli, suddiviso in 15 lotti distinti e indipendenti.

LOTTO 2 – CIG: 7693995587

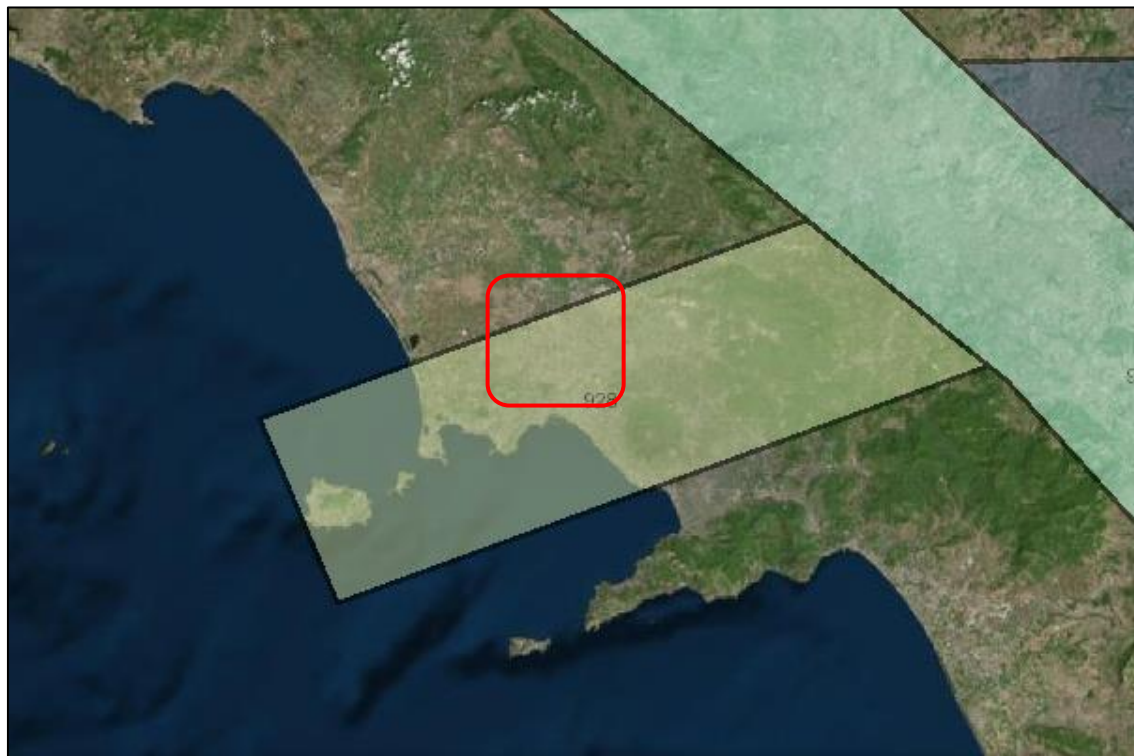


Figura 14: Zonazione Sismogenetica ZS9. Nel riquadro rosso è evidenziata l'area di interesse.

Dalla banca dati DISS (Database of Individual Seismogenic Sources dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia: INGV) è possibile ricavare le sorgenti sismogenetiche dell'area.

Per sorgente sismogenetica individuale si intende una struttura geologica che sia in grado di generare, ripetitivamente ed esclusivamente, il terremoto massimo ad essa associato. Un'altra proprietà è quella di possedere una consistenza interna in termini di lunghezza, larghezza, entità della dislocazione per evento e magnitudo.

Una sorgente sismica areale rappresenta un insieme di strutture geologiche aventi tra loro caratteristiche geometriche e cinematiche comuni quali profondità, direzione, immersione, verso e pendenza ed è potenzialmente in grado di generare terremoti di magnitudo maggiore di 5.5.

Infine, le sorgenti macrosismiche sono state ottenute, nella suddetta banca dati, sulla base dei campi macrosismici dei terremoti storici di magnitudo uguale o superiore a 5.5 attraverso il programma Boxer (Gasperini et al., 1999) che consente di determinare la posizione (coincidente con l'epicentro macrosismico del terremoto), le dimensioni e, nel caso in cui i dati siano sufficienti, la direzione della sorgente sismogenetica.

Per quanto concerne l'area in esame, per essa non è individuata alcuna sorgente sismogenetica individuale (Figura 15).

Affidamento dei servizi di ingegneria ed architettura per la Verifica di Vulnerabilità Sismica degli Edifici Scolastici di Competenza della Città Metropolitana di Napoli, suddiviso in 15 lotti distinti e indipendenti.
LOTTO 2 – CIG: 7693995587

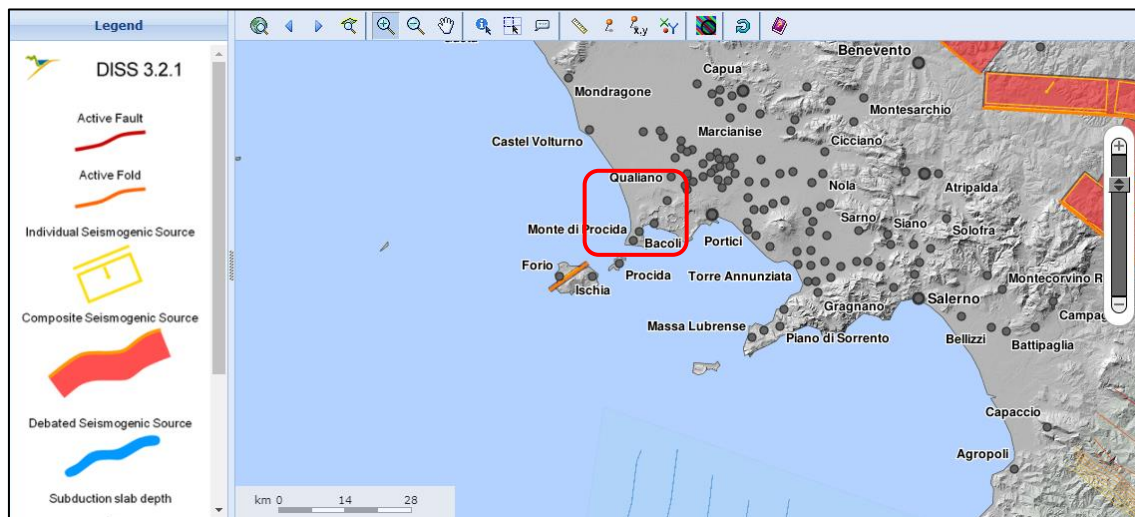


Figura 15: Database of Individual Seismogenic Sources dell'INGV <http://diss.rm.ingv.it/dissmap/dissmap.phtml>.

Invece, per quanto concerne il database Ithaca nel quale sono riportate le faglie capaci, disponibile online tramite il portale del Servizio Geologico d'Italia Geomapviewer (<http://sgi2.isprambiente.it/ithacaweb/viewer/>), esso evidenzia la presenza di due faglie potenzialmente attive e capaci che attraversa il territorio comunale in esame (Figura 16). In particolare, la faglia con codice 42800 è quella più prossima al sito di interesse.



Figura 16: Faglie attive e capaci dal progetto Ithaca. Nel rettangolo in giallo rientra l'areale oggetto di studio.

Affidamento dei servizi di ingegneria ed architettura per la Verifica di Vulnerabilità Sismica degli Edifici Scolastici di Competenza della Città Metropolitana di Napoli, suddiviso in 15 lotti distinti e indipendenti.
LOTTO 2 – CIG: 7693995587

Tabella 2: Referenze bibliografiche delle faglie del sistema Posillipo.

GEOLOGIC SETTING	
SYNOPSIS	
FAULT NAME	Posillipo
FAULT CODE	42900
MACROZONE	
REGION NAME	Campania
SYSTEM NAME	Posillipo
RANK	PRIMARY
AVERAGE STRIKE	50
DIP	Undefined
LENGTH (Km)	35.1
GEOMETRY	
SEGMENTATION	Single Segment
DEPTH (Km)	0
LOCATION RELIABILITY (MAPPING SCALE)	1:
LAST ACTIVITY	Pleistocene generic
ACTIVITY RELIABILITY	Low reliability
RECURRENCE INTERVAL (yr)	0
SLIP-RATE (mm/yr)	0
MAX CREDIBLE RUPTURE LENGTH	0
MAX CREDIBLE SLIP (m)	0
KNOWN SEISMIC EVENTS	
MAX CREDIBLE MAGNITUDE (Mw)	
MAX CREDIBLE INTENSITY (INQUA scale)	

Affidamento dei servizi di ingegneria ed architettura per la Verifica di Vulnerabilità Sismica degli Edifici Scolastici di Competenza della Città Metropolitana di Napoli, suddiviso in 15 lotti distinti e indipendenti.
LOTTO 2 – CIG: 7693995587

STUDY QUALITY	FAIR
NOTES	

Tabella 3: Referenze bibliografiche delle faglie del sistema Gragnano-Pagani.

FAULT CODE	AUTHORS	TITLE	REFERENCES	YEAR
33900	Ascione A. & Cinque A. (a cura di) (1999)	Progetto 5,1,2 "Inventario delle faglie attive e dei terremoti ad esse associabili" - Faglie attive in Italia Meridionale - U.R. Università di Napoli	G.N.D.T. Internet site	1999

Tabella 4: Referenze bibliografiche delle faglie del sistema Napoli.

GEOLOGIC SETTING	
SYNOPSIS	
FAULT NAME	Napoli
FAULT CODE	42800
MACROZONE	
REGION NAME	Campania
SYSTEM NAME	Napoli
RANK	SECONDARY
AVERAGE STRIKE	70
DIP	Undefined
LENGTH (Km)	13.5
GEOMETRY	
SEGMENTATION	Single Segment
DEPTH (Km)	0
LOCATION RELIABILITY (MAPPING SCALE)	1:
LAST ACTIVITY	Pleistocene generic
ACTIVITY RELIABILITY	Low reliability

Affidamento dei servizi di ingegneria ed architettura per la Verifica di Vulnerabilità Sismica degli Edifici Scolastici di Competenza della Città Metropolitana di Napoli, suddiviso in 15 lotti distinti e indipendenti.

LOTTO 2 – CIG: 7693995587

RECURRENCE INTERVAL (yr)	0
SLIP-RATE (mm/yr)	3.5
MAX CREDIBLE RUPTURE LENGTH	36.000,00
MAX CREDIBLE SLIP (m)	0
KNOWN SEISMIC EVENTS	
MAX CREDIBLE MAGNITUDE (Mw)	
MAX CREDIBLE INTENSITY (INQUA scale)	
STUDY QUALITY	FAIR
NOTES	

Tabella 5: Referenze bibliografiche delle faglie del sistema Napoli.

FAULT CODE	AUTHORS	TITLE	REFERENCES	YEAR
33900	Ascione A. & Cinque A. (a cura di) (1999)	Progetto 5,1,2 "Inventario delle faglie attive e dei terremoti ad esse associabili" - Faglie attive in Italia Meridionale - U.R. Università di Napoli	G.N.D.T. Internet site	1999

Dai dati del Catalogo degli eventi sismici è possibile ricostruire la storia sismica per il Comune di Afragola (NA). Nella successiva Tabella 6 e nel grafico di Figura 17 sono elencate le osservazioni disponibili per il territorio comunale (Dati tratti da CPT115 - DBMI15 dell'INGV). I suddetti dati evidenziano eventi sismici a partire dall'anno 1280 fino al 2016, relativi a sorgenti sia appenniniche che ai vulcani flegrei e vesuviani.

Tabella 6: Catalogo dei terremoti più forti che hanno interessato il territorio comunale di Afragola (NA) dall'anno 1280 al 2016.

LEGENDA: Int = intensità nella località (MCS); Io = intensità epicentrale dell'evento; Mw = magnitudo momento; NMDP = Numero di Macroseismic Data Points. (Dati INGV- Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia).

Int. at place	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	Epicentral Area	Io Def	Mw Def
D	1280						Napoli		
7	1293	9	4				Sannio-Matese	8-9	5,8
7-8	1349	9	9				Lazio-Molise	10	6,8
7-8	1386	3	17				Napoli	7-8	3,75
5	1406	9	16				Napoli	5	3,12
8	1456	12	5				Appennino centro-meridionale	11	7,19
7	1456	12	30	8	20		Appennino centro-meridionale		

Città metropolitana di Napoli – Piazza Matteotti 1 - NAPOLI

Affidamento dei servizi di ingegneria ed architettura per la Verifica di Vulnerabilità Sismica degli Edifici Scolastici di Competenza della Città Metropolitana di Napoli, suddiviso in 15 lotti distinti e indipendenti.

LOTTO 2 – CIG: 7693995587

Relazione geologico-geotecnica (RGEO)**29**

Int. at place	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	Epicentral Area	Io Def	Mw Def
6	1457	1	8				Napoli	6	3,37
F	1457	2	10				Capua	5-6	4,4
5	1466	1	15	2	25		Irpinia-Basilicata	8-9	5,98
5	1498	10	7				Campi Flegrei (Pozzuoli)	5-6	3,25
F	1498	10	20				Campi Flegrei (Pozzuoli)	7	3,63
5	1499	3	18	1	45		Napoli	5	3,12
6	1505	5	18	8	55		Campi Flegrei (Agnano)	7-8	3,75
5	1508	7	19	8	55		Napoli	5	3,12
5	1517	3	29	19			Irpinia	7-8	5,33
5	1520	1	28	23	50		Campi Flegrei (Pozzuoli)	6-7	3,5
5	1536	8	7				Napoli	5	3,12
4	1537	2	14				Campi Flegrei (Pozzuoli)	6-7	3,5
6	1538	4	20				Campi Flegrei	5-6	3,25
4	1538	9	20				Campi Flegrei (Pozzuoli)	5-6	3,25
4	1538	9	22				Campi Flegrei (Pozzuoli)	5-6	3,25
4	1538	9	23				Campi Flegrei (Pozzuoli)	5-6	3,25
4	1538	9	24				Campi Flegrei (Pozzuoli)	5-6	3,25
4	1538	9	25				Campi Flegrei (Pozzuoli)	5-6	3,25
4	1538	9	26				Campi Flegrei (Pozzuoli)	5-6	3,25
4	1538	9	27				Campi Flegrei (Pozzuoli)	5-6	3,25
4	1538	9	28	6	0		Campi Flegrei (Pozzuoli)	5-6	3,25
4	1538	9	28	17	30		Campi Flegrei (Pozzuoli)	5-6	3,25
4	1538	9	29	11	0		Campi Flegrei (Pozzuoli)	5-6	3,25
5	1538	9	29	18	30		Campi Flegrei (Pozzuoli)	8	3,88
3	1560	5	11	4	40		Costa pugliese centrale	8	5,66
7	1561	7	31	20	10		Penisola sorrentina	8	5,56
4-5	1561	8	19	15	50		Vallo di Diano	10	6,72
5-6	1564	7					Campi Flegrei	5	3,12
5	1566	5	6	22	45		Campi Flegrei	5	3,12
4-5	1568	12	27				Campi Flegrei (Pozzuoli)	6	3,37
5	1570	4	30	23	6		Campi Flegrei (Pozzuoli)	6-7	3,5
6-7	1575	6	5	20	30		Napoli	5-6	3,25
5	1582	6	5	7	8		Campi Flegrei (Pozzuoli)	8	3,88
5	1601	8	10				Napoli	5	3,12
5	1627	7	30	10	50		Capitanata	10	6,66
5-6	1631	12					Area Vesuviana	5-6	3,25

Affidamento dei servizi di ingegneria ed architettura per la Verifica di Vulnerabilità Sismica degli Edifici Scolastici di Competenza della Città Metropolitana di Napoli, suddiviso in 15 lotti distinti e indipendenti.

LOTTO 2 – CIG: 7693995587

Int. at place	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	Epicentral Area	Io Def	Mw Def
3	1638	3	27	15	5		Calabria centrale	11	7,09
5	1646	5	31				Gargano	10	6,72
F	1654	7	24	0	25		Sorano	9-10	6,33
4-5	1657	1	29	2			Capitanata	8-9	5,96
5	1685	5					Penisola Sorrentina	5-6	4,73
5	1687	4	25	0	30		Penisola Sorrentina	6	4,63
8	1688	6	5	15	30		Sannio	11	7,06
3	1688	7	23				Capitanata	7-8	5,33
3	1688	8	14				Beneventano	6-7	4,86
5	1692	3	4	22	20		Irpinia	8	5,88
F	1693	1	8				Pollino	7	5,27
7	1694	9	8	11	40		Irpinia-Basilicata	10	6,73
F	1694	10	7	15			Penisola sorrentina	5-6	4,71
3	1694	10	9				Avellino	5-6	4,4
5	1702	3	14	4	30		Sannio-Irpinia	6-7	4,86
6	1702	3	14	5			Sannio-Irpinia	10	6,56
4-5	1702	4	2	6	20		Sannio-Irpinia	6-7	4,86
3-4	1703	1	14	18			Valnerina	11	6,92
3	1703	1	16	13	30		Appennino laziale-abruzzese		
3	1703	2	2	11	5		Aquilano	10	6,67
4-5	1706	11	3	13			Maiella	10-11	6,84
5	1720	8	28				Cassinese	5-6	4,35
5	1731	3	20	3			Tavoliere delle Puglie	9	6,33
4-5	1731	10	17	11			Tavoliere delle Puglie	6-7	4,86
7	1732	11	29	7	40		Irpinia	10-11	6,75
3	1733	5	15	0	30		Puglia		
3-4	1735	1	26				Casertano	5	4,16
4	1737	3	31	17	20		Monti di Avella	7	5,1
3	1739	2	12	21	30		Tavoliere delle Puglie	5-6	4,4
4	1739	2	27	4	20		Benevento	5-6	4,4
4	1741	8	6	13	30		Irpinia	7-8	5,44
5-6	1742	8	17				Napoli	5-6	3,25
4-5	1743	2	20				Ionio settentrionale	9	6,68
6-7	1756	10	22	14			Napoletano	6-7	3,5
4-5	1760	12	23				Area vesuviana	6-7	3,5
4-5	1777	6	6	16	15		Tirreno meridionale		

Affidamento dei servizi di ingegneria ed architettura per la Verifica di Vulnerabilità Sismica degli Edifici Scolastici di Competenza della Città Metropolitana di Napoli, suddiviso in 15 lotti distinti e indipendenti.
LOTTO 2 – CIG: 7693995587

Int. at place	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	Epicentral Area	Io Def	Mw Def
4	1779	10	1	0	45		Napoletano	6	3,37
3	1779	12	12				Napoletano	6	3,37
F	1782	1	11				Benevento	5	4,16
NF	1783	2	5	12			Calabria meridionale	11	7,1
4	1783	3	28	18	55		Calabria centrale	11	7,03
5	1794	6	12	22	30		Irpinia	7	5,26
F	1794	6	15				Area vesuviana	4	2,87
7-8	1805	7	26	21			Molise	10	6,68
3	1805	10	13	22			Pianura Campana	7	5,1
F	1806	7	21	9			Cassinese	5-6	4,4
3-4	1806	8	26	7	35		Colli Albani	8	5,61
3	1814	11	25				Beneventano	5-6	4,4
3	1817	4	17				Potentino	4-5	3,97
F	1821	8	2				Calabria centrale	7	5,1
3	1821	11	22	1	15		Costa molisana	7-8	5,59
F	1826	2	1	16			Potentino	8	5,74
F	1826	10	26	18			Salento	6-7	5,22
NF	1828	2	2	9	15		Isola d'Ischia	8-9	4,01
3	1832	3	8	18	30		Crotonese	10	6,65
3-4	1836	4	25	0	20		Calabria settentrionale	9	6,18
5	1836	11	20	7	30		Appennino lucano	8	5,86
F	1841	2	21				Gargano	6-7	5,17
F	1846	8	8				Potentino	6-7	5,18
5	1851	8	14	13	20		Vulture	10	6,52
3-4	1851	8	14	14	40		Vulture	7-8	5,48
4	1853	4	9	12	45		Irpinia	8	5,6
2	1854	2	12	17	50		Cosentino	10	6,34
6	1857	12	16	21	15		Basilicata	11	7,12
F	1858	3	7	14			Campania meridionale	7-8	5,39
F	1858	3	7	19			Vibonati	4	3,7
3	1858	5	24	9	20		Tavoliere delle Puglie	4-5	4,35
F	1861	12	9				Torre del Greco	5-6	3,25
2	1867	8	15	23	30		Isola d'Ischia	4-5	2,99
3	1870	10	4	16	55		Cosentino	9-10	6,24
3	1872	10	8	13	25		Cosentino	5	4,72
2	1873	3	12	20	4		Appennino marchigiano	8	5,85

Città metropolitana di Napoli – Piazza Matteotti 1 - NAPOLI

Affidamento dei servizi di ingegneria ed architettura per la Verifica di Vulnerabilità Sismica degli Edifici Scolastici di Competenza della Città Metropolitana di Napoli, suddiviso in 15 lotti distinti e indipendenti.

LOTTO 2 – CIG: 7693995587

Relazione geologico-geotecnica (RGEO)**32**

Int. at place	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	Epicentral Area	Io Def	Mw Def
2-3	1873	7	12	6	6		Val Comino	7-8	5,38
4	1874	12	6	15	50		Val Comino	7-8	5,48
NF	1875	3	17	23	51		Costa romagnola	8	5,74
6-7	1875	12	6				Gargano	8	5,86
NF	1880	7	24	5	40		Isola di Ventotene	6	4,63
NF	1881	3	4	12	15		Isola d'Ischia	9	4,14
3	1881	9	10	7			Chietino	7-8	5,41
5	1882	6	6	5	40		Isernino	7	5,2
5	1883	7	28	20	25		Isola d'Ischia	9-10	4,26
2	1885	9	17	9	35		Benevento	5	4,26
2	1885	12	26	2			Molise	5-6	4,66
NF	1887	12	3	3	45		Calabria settentrionale	8	5,55
2	1889	12	8				Gargano	7	5,47
3-4	1893	1	25				Vallo di Diano	7	5,15
3-4	1895	2	1	7	24	35	Monti del Partenio	5	4,29
3	1895	8	9	17	38	20	Adriatico centrale	6	5,11
3-4	1901	7	31	10	38	30	Sorano	7	5,16
F	1903	5	4	3	44		Valle Caudina	7	4,69
3	1903	12	7	5	58		Beneventano	4-5	4,14
4-5	1905	3	14	19	16		Avellinese	6-7	4,9
F	1905	8	25	20	41		Valle Peligna	6	5,15
3-4	1905	9	8	1	43		Calabria centrale	10-11	6,95
3-4	1905	11	26				Irpinia	7-8	5,18
3	1907	12	18	19	21		Monti Picentini	5-6	4,52
2	1908	12	28	4	20	27	Stretto di Messina	11	7,1
4	1910	6	7	2	4		Irpinia-Basilicata	8	5,76
4	1913	10	4	18	26		Molise	7-8	5,35
5	1915	1	13	6	52	43	Marsica	11	7,08
NF	1915	9	23	18	7		Marsica	6	5,07
F	1916	7	3	23	21		Isola di Stromboli	5-6	4,66
2-3	1919	10	22	6	10		Anzio	6-7	5,22
3	1922	12	29	12	22	6	Val Roveto	6-7	5,24
3	1923	11	8	12	28		Appennino campano-lucano	6	4,73
3	1924	3	26	20	50		Sannio	4	4,06
3-4	1924	5	9	5	48		Irpinia	4	4,71
2	1925	9	24	13	33	46	Molise occidentale	7	5,26

Città metropolitana di Napoli – Piazza Matteotti 1 - NAPOLI

Affidamento dei servizi di ingegneria ed architettura per la Verifica di Vulnerabilità Sismica degli Edifici Scolastici di Competenza della Città Metropolitana di Napoli, suddiviso in 15 lotti distinti e indipendenti.

LOTTO 2 – CIG: 7693995587

Relazione geologico-geotecnica (RGEO)**33**

Int. at place	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	Epicentral Area	Io Def	Mw Def
4	1927	5	25	2	50		Sannio	6	4,98
NF	1927	12	26	15	6	14	Colli Albani	7	4,89
4	1930	4	27	1	46		Salernitano	7	4,98
7	1930	7	23	0	8		Irpinia	10	6,67
3	1930	10	30	7	13		Senigallia	8	5,83
3	1936	4	3	18	42		Valle Caudina	5-6	4,25
3	1948	8	18	21	12	20	Gargano	7-8	5,55
2	1956	9	22	3	19	39	Gargano	6	4,64
6-7	1962	8	21	18	19		Irpinia	9	6,15
NF	1967	12	9	3	9	56	Adriatico centrale		4,36
4	1971	5	6	3	45	5	Irpinia	6	4,83
F	1971	11	29	18	49	35,37	Alta Val d'Agri	5	4,5
3	1973	8	8	14	36	26	Appennino campano-lucano	5-6	4,75
4	1975	6	19	10	11		Gargano	6	5,02
2	1977	7	24	9	55	29	Irpinia	5-6	4,37
2	1978	2	8	4	10	29	Irpinia	5-6	4,44
4	1979	9	19	21	35	37	Valnerina	8-9	5,83
3	1980	6	14	20	56	50	Marsica	5-6	4,96
7	1980	11	23	18	34	52	Irpinia-Basilicata	10	6,81
4	1980	12	3	23	54	22	Irpinia-Basilicata	6	4,83
3-4	1981	1	9	0	12	49	Irpinia-Basilicata	5-6	4,36
5-6	1981	2	14	17	27	45	Monti di Avella	7-8	4,88
4	1982	3	21	9	44	1,59	Golfo di Policastro	7-8	5,23
NF	1984	4	29	5	2	59	Umbria settentrionale	7	5,62
5-6	1984	5	7	17	50		Monti della Meta	8	5,86
3	1996	4	3	13	4	34,98	Irpinia	6	4,9
4	1999	10	9	5	41	5,47	Area vesuviana	5	3,24
3-4	2002	11	1	15	9	1,92	Molise	7	5,72
2	2003	6	1	15	45	18,04	Molise	5	4,44
F	2016	8	24	1	36	32	Monti della Laga	10	6,18
F	2016	10	26	19	18	7,42	Valnerina		6,07
4-5	2016	10	30	6	40	17,32	Valnerina		6,61

Affidamento dei servizi di ingegneria ed architettura per la Verifica di Vulnerabilità Sismica degli Edifici Scolastici di Competenza della Città Metropolitana di Napoli, suddiviso in 15 lotti distinti e indipendenti.

LOTTO 2 – CIG: 7693995587

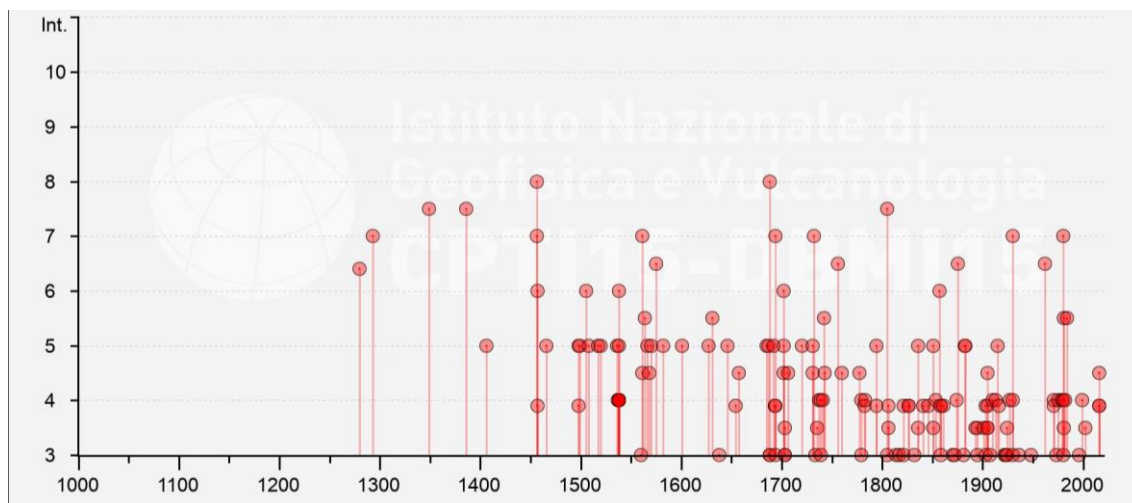


Figura 17: Storia sismica del Comune di Afragola (NA).

3.9 Schema della circolazione idrica superficiale e sotterranea

Dal punto di vista idrografico, la Piana Campana costituisce un acquifero piroclastico alluvionale, alimentato dalle idrostrutture dei massicci carbonatici che la bordano e dalle acque di falda provenienti dal Somma – Vesuvio.

Tutti gli acquiferi alluvionali sono caratterizzati dalla giustapposizione disordinata di termini litologici di varia granulometria aggregati in lenti allungate nel senso della corrente che li ha depositati.

Ciò si traduce in una circolazione idrica per falde sovrapposte, con deflusso preferenziale dell'acqua nei litotipi a più alto grado di permeabilità relativa.

Le diverse falde possono essere quasi sempre ricondotte ad un'unica circolazione idrica sotterranea, in quanto, il particolare tipo di deposizione lenticolare dei sedimenti, lascia moltissime soluzioni di continuità tra depositi permeabili e depositi relativamente meno permeabili, a cui bisogna aggiungere gli interscambi in senso verticale o sub – verticale dovuti al fenomeno della drenanza.

Caratteristica principale di tutta la piana è la presenza dell'Ignimbrite Campana, eccezion fatta per la zona di Volla, dove la suddetta formazione è praticamente assente e la zona di Marigliano, che presenta una riduzione degli spessori del tufo grigio, da circa quindici metri a pochi metri. Al tetto ed al letto della suddetta formazione si rinvengono, rispettivamente, depositi piroclastici ed alluvionali e piroclastiti grossolane sciolte.

Il deflusso della falda della piana, non può essere considerato indipendente dalla più grande circolazione idrica che si realizza negli acquiferi carbonatici dell'Appennino Meridionale il quale circonda la Piana Campana.

Il quadro idrogeologico complessivo è stato delineato sull'analisi di numerosi lavori di dettaglio eseguiti sull'area studiata (Corniello, Ducci, Ruggiero, 2006) che, basandosi soprattutto sui dati stratigrafici di oltre 100 stratigrafie, hanno riconosciuto i seguenti complessi idrogeologici:

- Complesso argilloso - torboso: collegato ad antichi espandimenti alluvionali dei canali dei Regi Lagni; è costituito da limi ed argille, assai spesso associati a livelli torbosi che talora conservano una notevole continuità areale. Gli spessori sono dell'ordine della decina di metri; il complesso risulta dotato di permeabilità molto ridotta.
- Complesso piroclastico da caduta: è costituito da piroclastiti, prevalentemente sciolte, prodotte da eruzioni flegree e vesuviane successive a quella del Tufo Grigio Campano (I.C.); la granulometria varia da media a fine, con notevole variabilità sia in senso areale che lungo le verticali. Gli spessori sono assai variabili, ma i più frequenti sono dell'ordine

Affidamento dei servizi di ingegneria ed architettura per la Verifica di Vulnerabilità Sismica degli Edifici Scolastici di Competenza della Città Metropolitana di Napoli, suddiviso in 15 lotti distinti e indipendenti.
LOTTO 2 – CIG: 7693995587

dei dieci metri con locali approfondimenti. La permeabilità è piuttosto ridotta per la diffusa presenza di materiali fini e le frequenti soluzioni di continuità nei livelli più grossolani.

- **Complesso tufaceo** (non affiorante e riconosciuto solo in sondaggi): è formato da cineriti grigiastre associate a scorie nere e brandelli di lava riconducibili alla formazione del Tufo Grigio Campano - I.C. (39.000 y. B.P.). Il grado di diagenesi dei materiali è variabile. Gli spessori variano generalmente dai 10 ai 30 metri, ma sono maggiori alla base dei rilievi carbonatici (40 – 50 m). Il complesso presenta una permeabilità assai bassa laddove è più lapideo e/o di maggiore potenza e rappresenta l'elemento di confinamento per acque sotterranee più profonde.
- **Complesso piroclastico pre I.C.** (non affiorante e riconosciuto solo in sondaggi): è presente in maniera piuttosto continua al di sotto del Tufo Grigio Campano con spessori di diverse decine di metri; è costituito da piroclastiti sciolte, subaeree, prevalentemente sabbiose (ma anche più grossolane) e da subordinati livelli tufacei. Spesso sono presenti depositi intercalati di ambiente marino. Nell'insieme, la permeabilità è medio - alta ed il complesso costituisce di fatto l'acquifero più significativo della zona.
- **Complesso argilloso - sabbioso** (non affiorante e riconosciuto solo in sondaggi): è un deposito di ambiente marino costituito prevalentemente da argille, talora associate a sabbie di natura piroclastica. Gli spessori maggiori si hanno in prossimità dei rilievi carbonatici. La permeabilità è molto ridotta e, infatti, rappresenta, ad esclusione di una parte alta in facies più sabbiosa, l'impermeabile di base della circolazione idrica sotterranea.
- **Complesso carbonatico**: è rappresentato da rocce in prevalenza calcaree stratificate e fratturate che formano l'ossatura dei rilievi al bordo nord - occidentale dell'area studiata. Tali rilievi sono molto permeabili per fessurazione e carsismo e sono pertanto sede di cospicue falde di base: queste alimentano grosse sorgenti e, per travaso sotterraneo, le piane adiacenti ai rilievi.

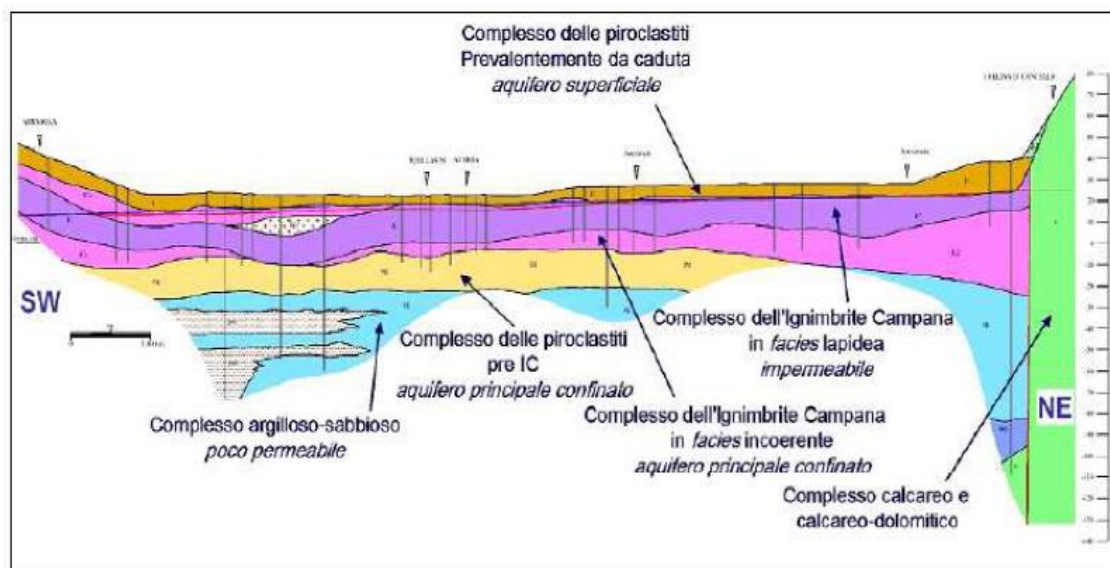
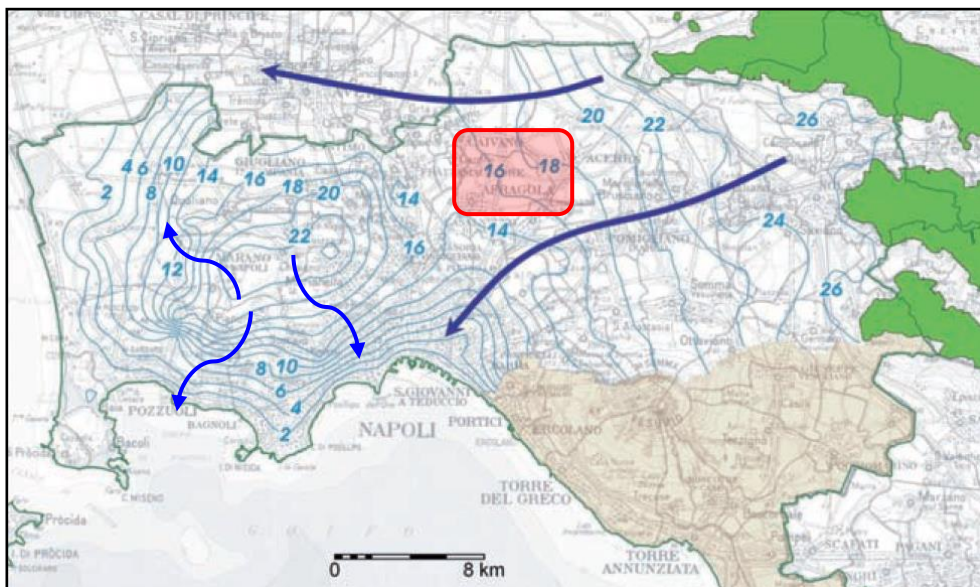


Figura 18: Sezione idrogeologica (Corniello, Ducci, Ruggieri 2006).

Affidamento dei servizi di ingegneria ed architettura per la Verifica di Vulnerabilità Sismica degli Edifici Scolastici di Competenza della Città Metropolitana di Napoli, suddiviso in 15 lotti distinti e indipendenti.

LOTTO 2 – CIG: 7693995587



**Figura 19: Piezometria del febbraio 2003 (valori in m s.l.m.). (Amministrazione Provinciale di Napoli – Settore Ambiente, 2003).
In rosso è evidenziata l'area di interesse.**

Per quanto riguarda i caratteri idrogeologici locali dell'area di interesse, essa ricade all'interno del complesso piroclastico rappresentato dalle pozzolane, a granulometria prevalentemente sabbioso-limosa, posto al top del tufo grigio.

Tale complesso presenta una permeabilità variabile a seconda della presenza locale di litotipi più o meno fini che è quindi medio/bassa per porosità.

L'acquifero principale di tale settore, tuttavia, si individua al letto del complesso tufaceo e, dunque, la falda acquifera principale si individua a profondità pari a circa 25/30 m dal p.c..

4 INDAGINI GEOFISICHE

4.1 Programma di indagine per la caratterizzazione geofisica del volume significativo di terreno

Al fine di definire le caratteristiche sismiche di sito sono state effettuate n. 2 prospezioni sismiche con metodologia MASW.

L'analisi multicanale delle onde superficiali di Rayleigh MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è un'efficiente ed accreditata metodologia sismica che serve alla determinazione delle velocità delle onde di taglio V_s .

Tale metodo utilizza le onde superficiali di Rayleigh registrate da una serie di geofoni posizionati lungo uno stendimento rettilineo e collegati ad un comune sismografo multicanale. Le onde superficiali di Rayleigh, durante la loro propagazione vengono registrate lungo lo stendimento di geofoni e vengono successivamente analizzate attraverso complesse tecniche computazionali. Tali tecniche sono simili a quelle utilizzate dalla tecnica SASW, le quali si basano su un approccio di riconoscimento di modelli multistrato di terreno.

La tecnica MASW è una tecnica attiva e non invasiva che permette di rispettare l'ambiente senza effettuare perforazioni e può essere impiegata anche in spazi molto limitati e di difficile accessibilità. Inoltre, il metodo può essere eseguito non solo attivamente ma anche passivamente sfruttando i microtrempi presenti nell'ambiente, oppure una combinazione del metodo attivo e passivo. Le frequenze ottenute con il metodo attivo oscillano tra i 10-100 Hz dando informazioni più superficiali entro i 30-40 metri.

Affidamento dei servizi di ingegneria ed architettura per la Verifica di Vulnerabilità Sismica degli Edifici Scolastici di Competenza della Città Metropolitana di Napoli, suddiviso in 15 lotti distinti e indipendenti.
LOTTO 2 – CIG: 7693995587

L'analisi delle onde S, mediante tecnica MASW, viene eseguita attraverso la trattazione spettrale del sismogramma, a seguito di una trasformata di Fourier, che restituisce lo spettro del segnale. In questo dominio, detto dominio trasformato, è semplice andare a separare il segnale relativo alle onde S da altri tipi di segnale. L'osservazione dello spettro consente di notare che l'onda S si propaga a velocità variabile a seconda della frequenza dell'onda stessa, questo fenomeno è detto dispersione, ed è caratteristico di questo tipo di onde. La registrazione simultanea di 12-24 canali, separati tra loro con un offset prestabilito, fornisce una ridondanza statistica delle misure di velocità di fase e ne avvalorata la veridicità. Il salvataggio delle tracce nel dominio temporale, previsto dal metodo, permette inoltre di distinguere e evidenziare, durante l'analisi, le onde di Rayleigh presenti nel record che, normalmente, sono caratterizzate da un'elevata ampiezza di segnale (circa il 60% dell'energia prodotta dalla sorgente artificiale si distribuisce in onde di superficie). Una particolare analisi spettrale, permette di distinguere il modo fondamentale delle onde di superficie da cui ricavare la curva di dispersione ed il profilo delle Vs per successiva inversione 1-D.

4.2 Indicazione delle modalità esecutive delle prove effettuate e della strumentazione utilizzata

Nello specifico, al fine di caratterizzare sismicamente il suolo nell'intera area oggetto di indagine, sono state effettuate n. 2 prospezioni sismiche MASW con le seguenti caratteristiche:

Tabella 7: Riepilogo delle caratteristiche delle fasi di acquisizione relative agli stendimenti geofonici messi in opera.

Prospezione sismica	Lunghezza complessiva dello stendimento (m)	Offset (m)	Spacing (m)	Direzione
MASW n.1	39.0	6.0	3.0	N 80° E
MASW n.2	30.0	2.5	2.5	N 355° E

Le indagini sono state condotte mediante l'utilizzo di sismografo M.A.E. A6000-S 24 bit 24 canali, strumento compatto e versatile progettato e realizzato appositamente per eseguire indagini di prospezione sismica convenzionali (rifrazione, riflessione) e non convenzionali [Re.Mi. (Refraction Microtremor); M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves); S.A.S.W. (Spectral Analysis of Surface Waves)].

4.3 Localizzazione dei punti di indagine

Di seguito si riporta l'ubicazione delle due indagini sismiche effettuate.

Affidamento dei servizi di ingegneria ed architettura per la Verifica di Vulnerabilità Sismica degli Edifici Scolastici di Competenza della Città Metropolitana di Napoli, suddiviso in 15 lotti distinti e indipendenti.

LOTTO 2 – CIG: 7693995587



Figura 20: Ubicazione delle indagini sismiche effettuate su immagine satellitare.

4.4 Certificati di laboratorio e documentazioni tecniche di indagine

In allegato si riportano i certificati delle prove effettuate, a cura della ditta incaricata.

4.5 Valutazioni dell’Affidatario sui dati ricavati dalle analisi per il calcolo esplicito delle $V_{s,30}$

I risultati forniti dalle indagini sismiche MASW effettuate permettono di definire la categoria di sottosuolo del sito, che collocano i terreni nella categoria di sottosuolo B, definita come:

Categoria di sottosuolo di fondazione B = Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

I valori di V_{Seq} calcolati sono elencati nella Tabella 8 di seguito riportata:

Tabella 8: Valori di V_{Seq} calcolati, relativi alle prospezioni sismiche effettuate.

Prospezione sismica	$V_{S\ 0-30}$ (m/s)	Categoria Sottosuoli di Fondazione (D.M. 17/01/2018)
MASW n. 1	[372]	B

Affidamento dei servizi di ingegneria ed architettura per la Verifica di Vulnerabilità Sismica degli Edifici Scolastici di Competenza della Città Metropolitana di Napoli, suddiviso in 15 lotti distinti e indipendenti.
LOTTO 2 – CIG: 7693995587

MASW n. 2	[370]	B
------------------	--------------	----------

Di seguito si riportano i valori di V_s per i sismostrati riscontrati nelle prospezioni sismiche MASW (Tabella 9 e Tabella 10).

Tabella 9: Prospetto delle determinazioni dei valori di V_s per i sismostrati riscontrati nell'indagine sismica MASW 1.

Sismostrato	Profondità (m)	V_s (m/s)
S1	0.0 – 4.5	199
S2	4.5 – 6.8	269
S3	6.8 – 9.7	367
S4	9.7 – 13.4	430
S5	13.4 – 30.6	515

Tabella 10: Prospetto delle determinazioni dei valori di V_s per i sismostrati riscontrati nell'indagine sismica MASW 2.

Affidamento dei servizi di ingegneria ed architettura per la Verifica di Vulnerabilità Sismica degli Edifici Scolastici di Competenza della Città Metropolitana di Napoli, suddiviso in 15 lotti distinti e indipendenti.

LOTTO 2 – CIG: 7693995587

Sismostrato	Profondità (m)	V _s (m/s)
S1	0.0 – 4.9	192
S2	4.9 – 10.6	331
S3	10.6 – 14.5	384
S4	14.5 – 32.7	556

5 CARATTERIZZAZIONE TOPOGRAFICA DELLA ZONA - SITUAZIONI PARTICOLARI

L'area in esame si ubica nel pieno della Piana Campana. Lo stesso si inserisce ad una quota assoluta sul livello medio del mare pari a circa 455 m, in un contesto sub-pianeggiante classificabile, quindi, in categoria topografica T1 (Categoria topografica T1 = Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$)

6 RILIEVO E DESCRIZIONE DEL SISTEMA FONDALE

Sono stati eseguiti n.6 scavi in fondazione per ricostruire la geometria e determinare il piano di posa delle fondazioni, riscontrando una profondità maggiore a 100cm.

6.1 Tipologia fondale

La tipologia di fondazione riscontrata è di tipo superficiale, diretta, avente funzione di ripartire i carichi puntuali elevati della sovrastruttura. Dalle indagini eseguite si sono riscontrati tre tipologie di plinti, una di forma rettangolare (140x290), uno di forma pressochè quadratica (180x170) ed uno di forma anch'esso pressochè quadratica ma avente dimensioni 70x75. Questi plinti sono collegati tra loro mediante delle travi di fondazioni di spessori maggiori di 100 cm e con una base di circa 140 cm.

I plinti presentano un'armatura con barre lisce di diametro $\phi 14$ e staffe $\phi 8$ mentre le travi presentano un'armatura con barre lisce di diametro $\phi 12$ e staffe $\phi 10$

6.2 Problematiche strutturali sul sistema fondale

Non sono state riscontrate alcuna problematica sul sistema fondale.