



## PROGETTO DEFINITIVO

**Appalto integrato sulla base del progetto di fattibilità tecnica ed economica "Smart City Napoli Nord - Piani Urbani Integrati – M5C2 – I.2.2"**  
**CIG 972663946C CUP I45I22000020006 - CUP I45I22000030006**

### RTI



**OPUS COSTRUZIONI S.P.A.**  
Capogruppo  
P.IVA 07201350639  
Via Campana 233, Pozzuoli



**ARCHIVOLTO SRL**  
Mandante  
P.IVA 07162480631  
Via O. P. Cafaro n.4, Napoli

### RTP

**SAG ARCHITETTURA SRLS**  
P.IVA 09189081210  
Sede legale: Via Posillipo 66, Napoli

**MASCOLO INGEGNERIA SRL**  
P.IVA 08524811216

Sede legale: Via Gramsci 19, Cicciano

**ELECTA SRL**

P.IVA 04082971211

Sede legale: Via Principe di Piemonte 109, Roccarainola

### RUP

Arch. Pasquale Imbemba

## GENERALE - (Arzano 2 Via Angelo Volpicelli) RELAZIONE GEOLOGICA (presa visione)

DATA EMISS.	Dicembre 2023		CODIFICA	AR22.PD.GEN.R.001
SCALA	-	FORMATO		

REVISIONE	DESCRIZIONE	DATA	APPROVATO DA
03			
02			
01			
00	prima emissione	Dicembre 2023	



EAC 34: AJAEU/19/15558

**2MG Engineering s.r.l.** Unipersonale Cap. Soc. € 10.000,00 i.v.

Via Roma, 92 - 81010 Gioia Sannitica (CE) - ✉: info@2mgengineering.it - 🌐: www.2mgengineering.it; PEC: 2mgengineering srl unipersonale@pec.it  
☎ 0823 915212 - 📠 334 1275138 - 📠 0823 1761313 - P. IVA - C.F. : 04204610614: REA CE 307471 - Cod. Univ. M5UXCR1

Prot. accettazione n°: **2MG/0136\_2022**

Prot. in uscita n°: **PE 194\_2022**

del: 14/09/2022

del: 23/11/2022

<b>OGGETTO:</b>	<b>PROGETTO SMART CITY NAPOLI NORD: UNA NUOVA MOBILITÀ SOSTENIBILE. AFFIDAMENTO DEL SERVIZIO DI RILIEVO PLANOALTIMETRICO ED INDAGINI STRUTTURALI E GEOLOGICHE NONCHÉ REDAZIONE DELLA RELAZIONE GEOLOGICA (ART. 48, COMMA 7, DEL DL 77/21). CIG 9392305746 CUP I45I22000020006 CUP I45I22000030006</b>
<b>ELABORATO:</b>	<i>Relazione geologica – sito: via Angelo Volpicelli, Arzano (NA)</i>
<b>RUP:</b>	<i>Arch. Pasquale Imbema</i>
<b>COMMITTENTE:</b>	<i>Comune di Cardito - Città Metropolitana di Napoli</i>

Rev:	Data	Motivo della revisione	Redatto	Controllato	Approvato
0	23/11/2022	Prima emissione	LDM	GF	GF
1	06/03/2023	errata corrige	LDM	GF	GF

**SPERIMENTATORI**

*Luigi Pascale*

*Luca Di Muzio*

**IL GEOLOGO**

*Genl. Margherita Fiondella*



**IL DIRETTORE TECNICO 2MG ENGINEERING**

*Ing. Gianfranco Fiondella*





## 1 SOMMARIO

1	SOMMARIO.....	2
2	PREMESSA .....	3
3	UBICAZIONE DELL'AREA.....	5
4	INQUADRAMENTO GEOLOGICO - MORFOLOGICO .....	6
5	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO .....	10
6	RILIEVO IN SITO - MASW .....	13
6.1	PREMESSA.....	13
6.2	MOTO DEL SEGNALE SISMICO .....	13
6.3	ONDE DI RAYLEIGH – “R” .....	13
6.4	ANALISI DEL SEGNALE CON TECNICA MASW .....	13
6.5	MODELLIZZAZIONE .....	14
6.6	MODI DI VIBRAZIONE.....	14
6.7	PROFONDITÀ DI INDAGINE.....	15
6.8	RISULTATI INDAGINE MASW .....	15
6.9	STRUMENTAZIONE UTILIZZATA.....	17
7	RILIEVO IN SITO - HVSR .....	18
7.1	CENNI SULLA TEORIA DELLA TECNICA HVSR.....	18
7.2	RISULTATI INDAGINE HVSR.....	20
8	RILIEVO IN SITO - DPSH .....	24
8.1	PROVA PENETROMETRICA DINAMICA .....	24
8.2	RISULTATI DPSH .....	25
9	CARATTERIZZAZIONE SISMICA DELL'AREA.....	30
10	CONCLUSIONI.....	39



## 2 PREMESSA

Per incarico del Comune di Cardito – Città Metropolitana di Napoli la scrivente in qualità di Geologo regolarmente iscritto all’Ordine dei Geologi della Regione Campania e residente a Gioia Sannitica (CE) alla via Roma 94, ha approntato il piano di studi e di indagini necessari alla redazione della presente relazione geologica e modellazione sismica dell’area in **via Angelo Volpicelli, di circa 1650 mq, nel Comune di Arzano (NA)** nel rispetto delle Norme vigenti nelle aree dichiarate sismiche, con riguardo specifico alle norme:

- L. n°64 - 02/02/1974 (Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche);
- Circolare Ministeriale LL.PP. n° 9839 datata 01.07.1976, D.M. 24.01.1986, D.M. LL.PP. 11.03.1988 entrambi modificati ed integrati dal D.M. del 16.01.1996
- Legge 07.01.1983, n° 9, della Regione Campania e della nuova Ordinanza 3274 del marzo 2003 (Norme tecniche per il progetto, la valutazione e l’adeguamento sismico degli edifici) e in conformità alle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni Decreto Ministeriale 17/01/2018 pubblicate con “Gazzetta Ufficiale,, n. 42 del 20 febbraio 2018.
- Eurocodice n. 8 (1998) Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture. Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003).
- Eurocodici 7.1 (1997), 7.2 (2002) e 7.3 (2002).

Il programma di indagini geofisiche è stato indirizzato alla definizione della categoria di sottosuolo per un approccio progettuale di tipo semplificato così come prescrive la normativa nazionale vigente NTC 2018. La campagna di indagini geognostiche e di rilievi è stata effettuata nei giorni **22 e 26 Settembre 2022** in particolare sono state svolte le seguenti attività:

- ✓ n° 1 DPSH;
- ✓ n° 1 MASW;
- ✓ n° 1 HVSR;



Lo scopo fondamentale di questo studio, è stato quello di illustrare l'assetto litostratigrafico locale, lo stato di alterazione, fratturazione e degradabilità dei litotipi presenti, nonché i lineamenti geomorfologici della zona, gli eventuali processi morfologici ed i dissesti in atto o potenziali e fornire lo schema della circolazione idrica superficiale e, laddove definibile, lo schema della circolazione idrica sotterranea e infine determinare i principali parametri fisico-meccanici e dinamici del terreno di fondazione. Tutto ciò per definire la modellazione geologica, così come recitano le **N.T.C.** del **17/01/2018** al punto **C 6.2.1**. La modellazione sismica del sito, ottenuta dall'analisi di una prova MASW e di una prova H/V, dai dati della prova penetrometrica effettuata in sito e correlata da stratigrafie esistenti, ha fornito i parametri per la determinazione dell'azione sismica di progetto.



### 3 UBICAZIONE DELL'AREA

Il Comune di Arzano è delimitato dai territori dei comuni di Frattamaggiore, Grumo Nevano, Casandrino, Napoli, Casavatore e Casoria ed ha una superficie di 4,73 kmq e si situa sulla piana limitrofa al sistema collinare che circonda Napoli (altitudine variabile da 74 a 93 m sul l.m.) su di un'area posta ai confini della grande centuriazione romana inerente la pianura campana percorsa dalle antiche strade italiche, osche e romane che collegavano Napoli ai grandi stanziamenti regionali ed extra regionali. Parte importante dell'attuale rete stradale ricalca le antiche vie consolari romane: la Sannitica e la via delle Puglie. Il territorio comunale è situato nella pianura vulcanica compresa tra i Campi Flegrei ed il Vesuvio chiamata nell'antichità Liburia. L'area oggetto di indagine è ubicata in **Via Angelo Volpicelli**, indicata nella planimetria in Fig.1.

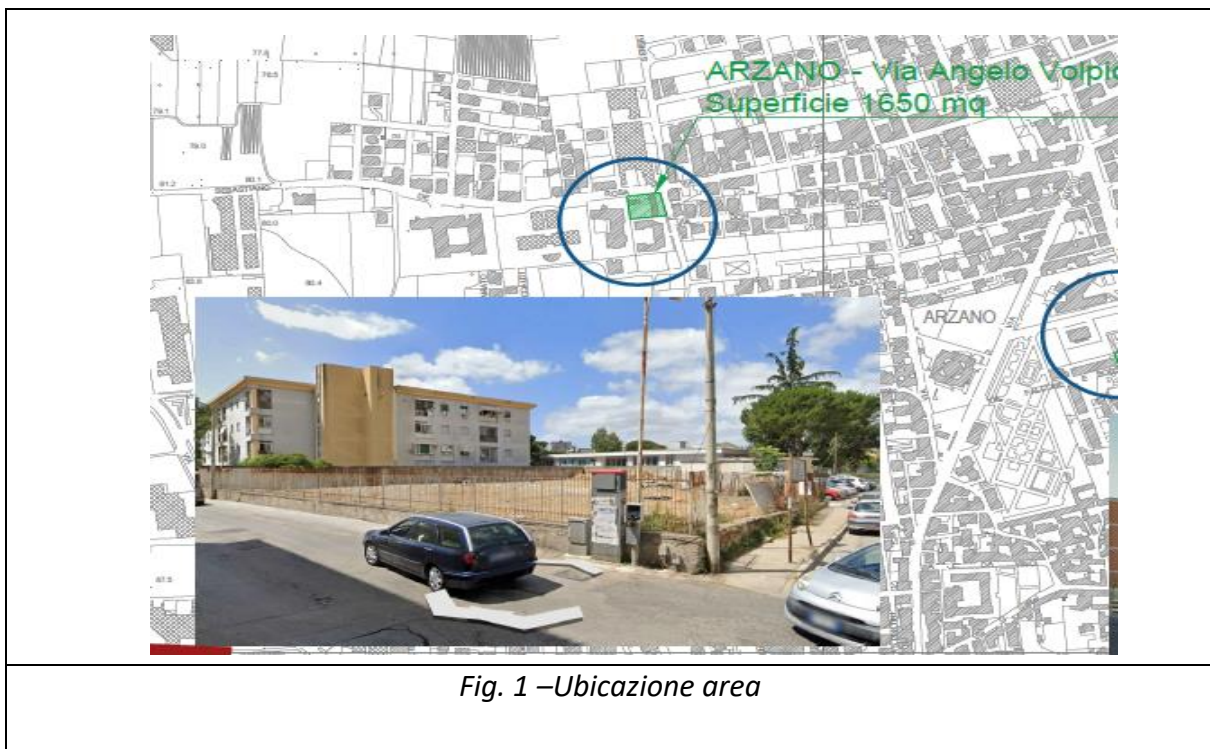


Fig. 1 -Ubicazione area

## 4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO - MORFOLOGICO

La zona in esame fa parte del foglio Foglio n. 184 Napoli della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000. Il territorio del Comune di Arzano ricade nella Zona Flegrea Periferica, presentandosi senza una palese morfologia vulcanica, in quanto è subpianeggiante e dolcemente degradante. L'area di studio è ubicata ad un'altitudine di 77 ml s.l.m. Arzano è localizzato nella Zona Flegrea Periferica a Nord Ovest della depressione del Sebeto che, come è noto, separa il dominio flegreo da quello del Somma-Vesuvio. I terreni superficiali sono costituiti in prevalenza da depositi di origine vulcanica consolidati in banchi tufacei o in strati di pozzolana molto compatti misti a strati di lapillo. L'assetto e la costituzione geolitologica del territorio derivano dai processi tettonici che hanno dato origine alla Piana Campana e dall'attività vulcanica dei Campi Flegrei e del Somma – Vesuvio.

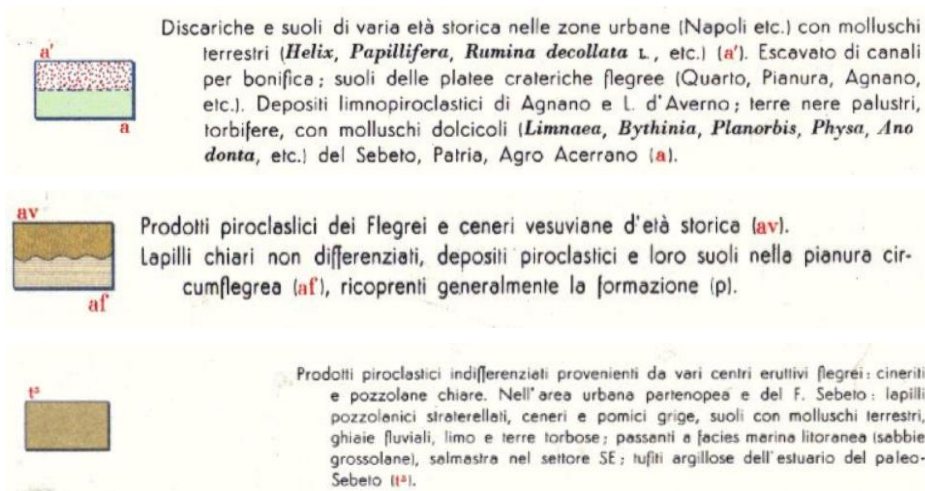
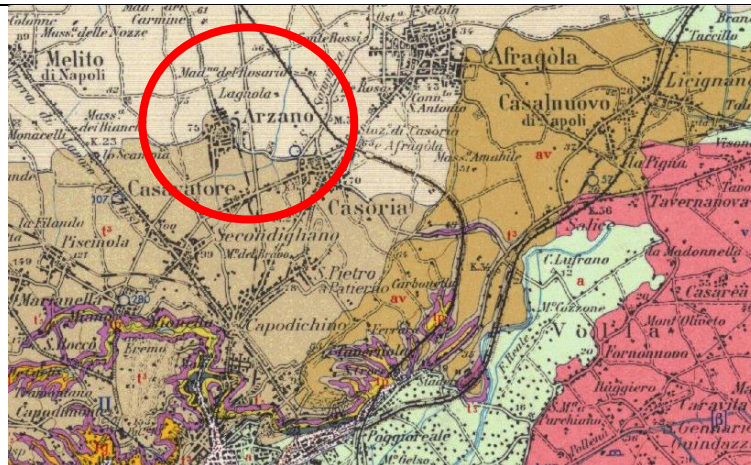
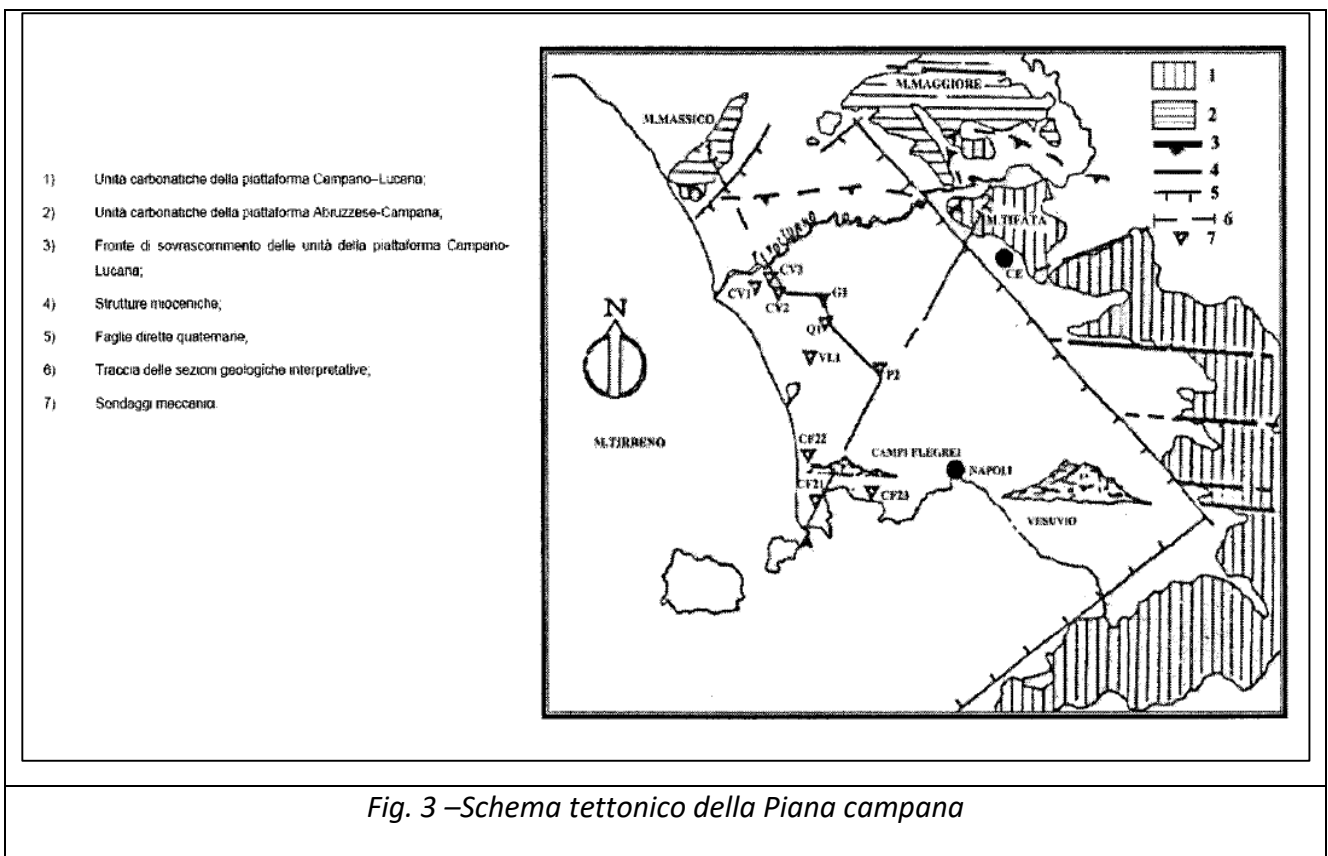


Fig. 2 - Stralcio Carta Geologica d'Italia Foglio n. 183-184 – Ischia Napoli, a cura del Servizio Geologico d'Italia, scala 1:100000-

La specifica configurazione morfologica, per la sua scarsa acclività, nel complesso non determina fenomeni erosivi in evoluzione o potenziali, sia incanalati che diffusi e le superfici risultano ben drenate dal reticolo idrografico naturale e dalle opere di canalizzazione presenti. Il territorio interessato è compreso nella Piana Campana che rappresenta un profondo graben carbonatico colmato da depositi piroclastici e alluvionali associati a frequenti depositi marini e palustri.

L'assetto attuale della Piana Campana è conseguenza delle fasi tettoniche verificatesi nel Pliocene superiore e nel Quaternario; un sistema di faglie, ad andamento appenninico ed antiappenninico, ha infatti ribassato le unità meso-cenozoiche dell'Appennino Campano di alcune migliaia di metri e dato originale al graben (Fig. 3).



Tale graben è delimitato da faglie bordiere orientate NE-SW e NWSE, le quali hanno agito durante il Quaternario generando complessivamente rigetti verticali dell'ordine di circa 5000 mt .

Tutti i terreni che colmano il graben sono costituiti nella parte basale da lembi residui della serie cenozoica, quindi dai prodotti del Roccamonfina e della prima attività dei Campi Flegrei e del



Somma-Vasuvio.

Nella maggior parte dei casi, in quasi tutta l'area di interesse, tra "IC" e "TGN", si rinvencono "Tufi marrone-rossastri" che frequentemente in seguito alle operazioni di carotaggio assumono l'aspetto di un deposito sabbioso-ghiaioso; a luoghi tali deposito passano a scorie bollose e breccie.

Di seguito si riporta l'immagine dello schema strutturale dell'area Napolitana con inscrizione delle aree stabili e delle aree di sollevamento e di subsidenza (fig.4)

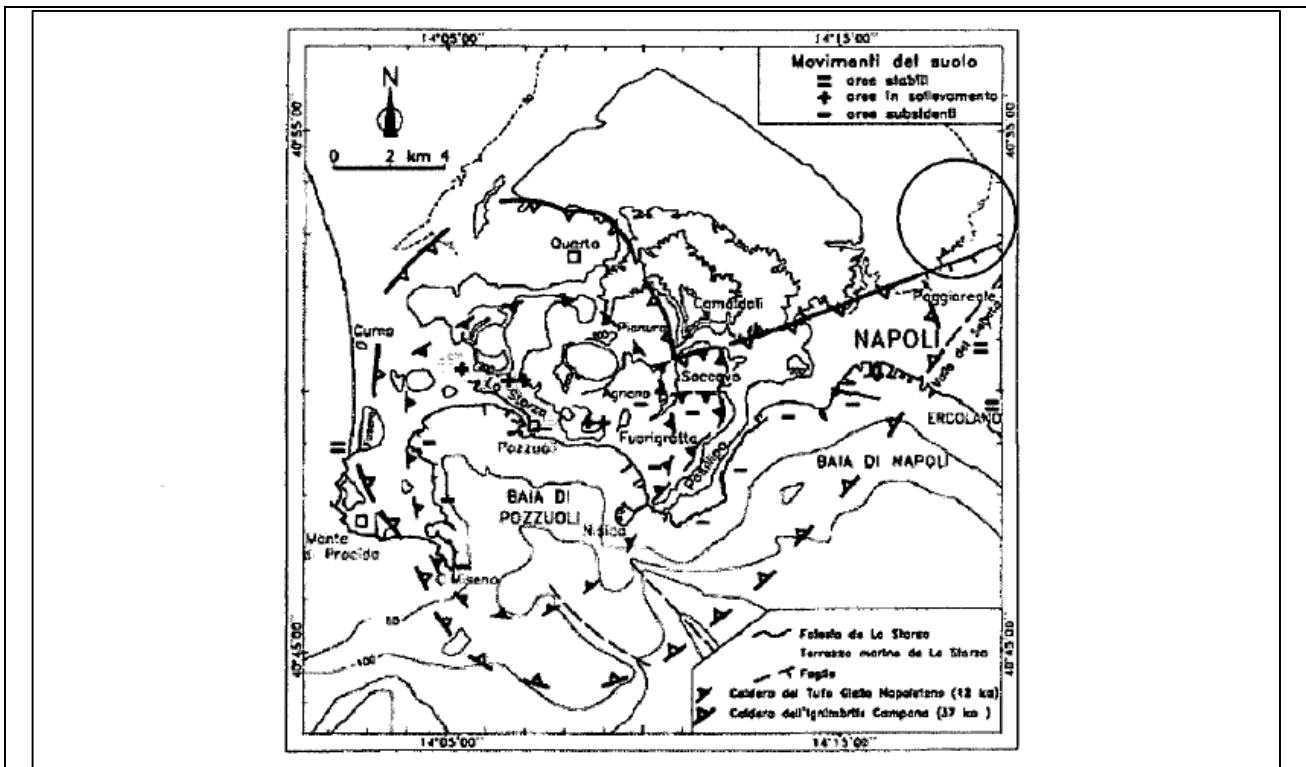


Fig. 4 –Schema strutturale schematico dei Campi Flegrei (after Di Vito et al., 1998)

Dal punto di vista geologico il territorio comunale si posiziona sul confine tra il dominio flegreo e quello vesuviano; in particolare l'area di stretto interesse si colloca a Nord del margine settentrionale della caldera dei Campi Flegrei; nel sottosuolo, pertanto, si rinvencono interstratificati prodotti dei Campi Flegrei e del Somma Vesuvio; le eruzioni sono state intervallate da periodi di inattività; tali periodi sono evidenziati dai paleosuoli dovuti all'esposizione agli agenti



atmosferici della parte più superficiale dei materiali piroclastici allora affioranti.

La caldera dei C.F. deve la sua attuale morfologia a due collassi successivi, legati alle eruzioni dell'Ignimbrite Campana ("IC") (33ka) e del Tufo Giallo Napoletano ("TGN") (12 ka) che rappresentano le due maggiori eruzioni avvenute nell'area Flegreo- Napoletana.

I loro prodotti presentano elevato spessore e buona distribuzione areale tanto da poter essere utilizzati come marker nella ricostruzione delle successioni stratigrafiche. Le piroclastiti più giovani del "TGN" sono diffusamente esposte in tutta l'area napoletana e flegre; quelle più antiche, invece, si ringengono solo nella parte centrale della città di Napoli, a sud dell'allineamento Camaldoli – Poggioreale (M.Echia, collina di S. Martino, Moiarriello, Ponti Rossi e Sant'Arpino), e lungo i versanti occidentali e settentrionali della collina di Posillipo. Successioni stratigrafiche che comprendono rocce più antiche dell' "IC" sono esposte lungo i versanti che delimitano a ovest e a nord la depressione dei Campi Flegrei (Monte di Procida, Cuma, San Senseverino, Punta Marmolite, Trefola, Camaldoli) e lungo l'allineamento Camaldoli Poggioreale.

Unità più antiche dell' "IC" sono state incontrate in perforazione a Poggioreale, Capodimonte, ponti rossi, Chiaiano e Secondigliano, tutti siti a nord e ad est della città di Napoli; nella parte più bassa di una perforazione eseguita a Secondigliano sono stati incontrati anche sedimenti di ambiente marino.



## 5 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Il contesto idrogeologico areale del Comune di Arzano è rappresentato dall'unità idrogeologica del Volturno – Regi Lagni (*Autorità del Bacino Nord – Occidentale – Autorità di bacino Nord Occidentale della Campania – Napoli – dicembre 2000*) ed è delimitata a nord-ovest dal Roccamonfina e dal M.te Massico, a sud-est dai Campi Flegrei e dal Somma-Vesuvio, a nord-est dai massicci carbonatici e a sud-ovest dal mare. Dal punto di vista strutturale, si tratta di una porzione del “graben” della piana Campana, individuatosi durante il Pliocene superiore e successivamente ribassatosi per diverse migliaia di metri, dove si sono depositati prevalentemente terreni piroclastici ed alluvionali con frequenti episodi marini e palustri. Dal punto di vista idrogeologico, in questa enorme pila di sedimenti, il cui spessore diminuisce progressivamente man mano che ci si avvicina ai massicci carsici, si possono distinguere alternanze di livelli a varia litologia e granulometria, con andamento spesso lenticolare. La circolazione idrica sotterranea avviene, quindi, per falde sovrapposte contenute nei livelli più grossolani. Il deflusso idricosuperficiale, condizionato dalla morfologia pianeggiante dell'area, si espleta principalmente in direzione Nord-Nord Est.

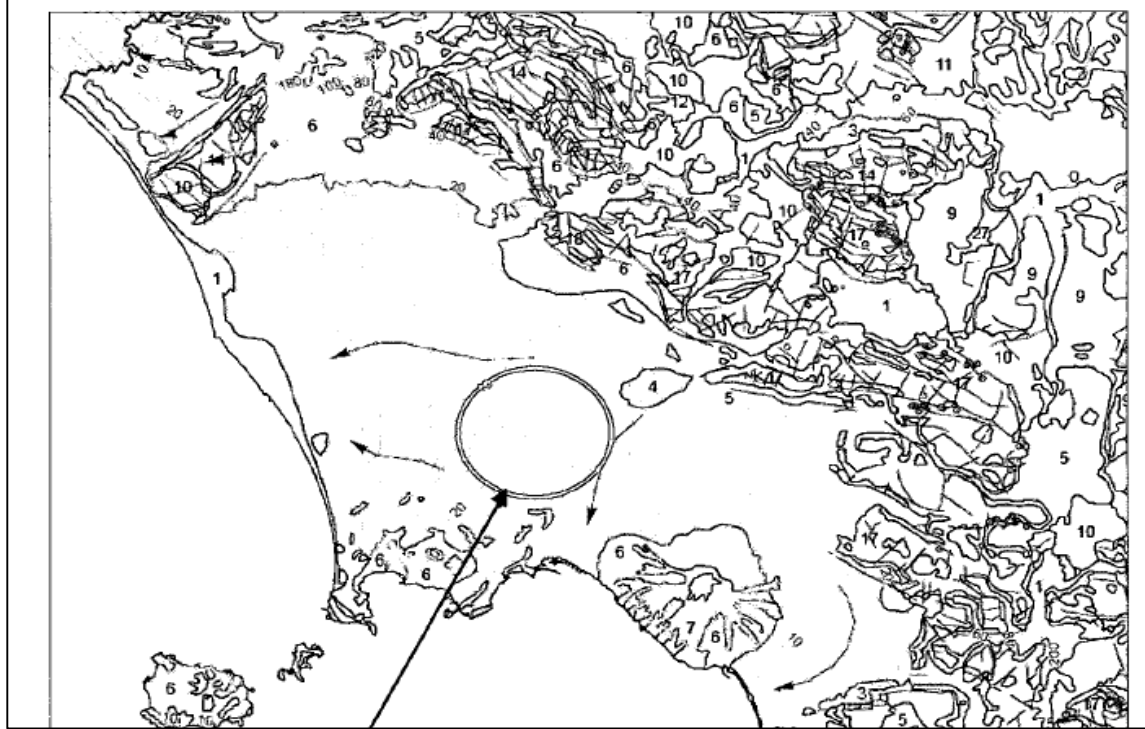
Per quanto concerne l'aspetto idrogeologico, sulla base delle caratteristiche granulometriche ed idrodinamiche dei litotipi in esame, è possibile identificare in affioramento due principali complessi:

- Complesso tufaceo;
- Complesso piroclastico – alluvionale.

Il complesso **tufaceo** è caratterizzato da un tipo di permeabilità secondario per fratturazione, e subordinatamente primario per porosità nei casi in cui si presenta debolmente zeolitizzato.

Il complesso **piroclastico-alluvionale**, nel suo insieme, è mediamente permeabile per porosità; il grado di permeabilità è tuttavia variabile in funzione dell'assortimento granulometrico; esso infatti è costituito da piroclastiti sabbioso-limose, scorie, pomici, lapilli e ceneri in posizione primaria e secondaria. Dalle informazioni e misure dirette di pozzi siti nelle immediate adiacenze si è potuto accertare che la circolazione idrica nell'area è di tipo basale, con piezometrica localizzata tra i 14.00 ed i 16.00 s.l.m.; tuttavia a causa della interdigitazioni di orizzonti a differente grado di permeabilità non è raro l'instaurarsi di falde sovrapposte a carattere stagionale. Tale circolazione idrica

sotterranea è da inquadrarsi naturalmente nel più ampio e complesso schema idrogeologico della Piana Campana (fig.5) di seguito riportata:



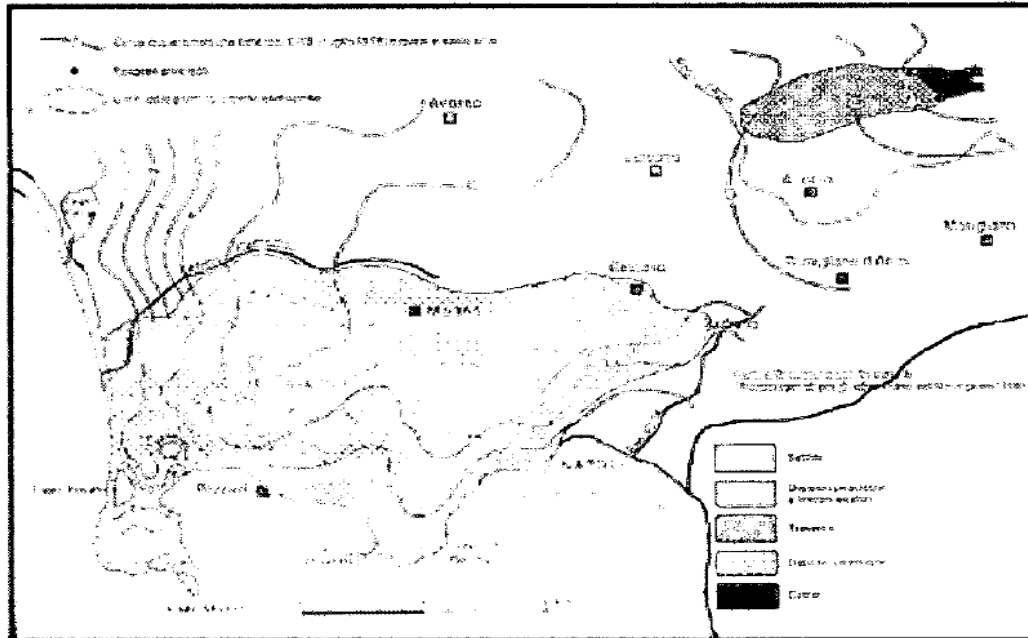
*Fig. 5 –Piezometrica di zona*

Dall'esame della carta delle isopiezometriche si evidenzia quanto segue:

- Il livello piezometrico medio in corrispondenza dell'area in oggetto della presente indagine è pari a circa 15.00 m. s.l.m.;
- La soggiacenza media della I falda risulta pari a circa 62.00 m;
- La direzione di deflusso sotterraneo delle acque in falda appare localmente orientata in direzione E-O;
- Il gradiente medio risulta pari a circa 0.2% nell'area in esame.

L'acquifero significativo è da individuarsi a circa ml 62.00 dal p.c. Le linee di deflusso idrico sotterraneo hanno direzione Est – Ovest.





*Fig. 6 –carta degli acquiferi*

Dal punto di vista idrogeologico tali depositi posseggono un coefficiente di permeabilità medio basso per porosità, essendo costituiti da terreni a struttura granulare di taglia sabbioso limosa prevalentemente incoerenti. Tali caratteristiche permettono alle acque di precipitazione meteorica di infiltrarsi efficacemente nel sottosuolo eliminando l'innescio di processi di impaludamento dovuto al ristagno localizzato delle acque, e di ruscellamento concentrato o diffuso sul fronte della scarpata. L'acqua di infiltrazione all'interno dei depositi presenti nell'area assume una direzione di movimento essenzialmente di tipo verticale, tendente al raggiungimento della falda freatica profonda che localmente è segnalata ad una quota di 62.00 m di profondità. L'area in oggetto, dal punto di vista idrografico, risulta caratterizzata dall'assenza di un vero e proprio reticolo idrografico; ciò è dovuto soprattutto alle pendenze relativamente blande della zona di piana, e dalla natura essenzialmente incoerente dei litotipi affioranti (depositi piroclastici). Le acque di ruscellamento superficiale seguono le modeste pendenze dell'area dirigendosi in direzione Est-Sud-Est.



## 6 RILIEVO IN SITO - MASW

### 6.1 Premessa

La geofisica osserva il comportamento delle onde che si propagano all'interno dei materiali. Un segnale sismico, infatti, si modifica in funzione delle caratteristiche del mezzo che attraversa. Le onde possono essere generate in modo artificiale attraverso l'uso di masse battenti, di scoppi, etc.

### 6.2 Moto del segnale sismico

Il segnale sismico può essere scomposto in più fasi ognuna delle quali identifica il movimento delle particelle investite dalle onde sismiche. Le fasi possono essere:

- P-Longitudinale: onda profonda di compressione;
- S-Trasversale: onda profonda di taglio;
- L-Love: onda di superficie, composta da onde P e S;
- R-Rayleigh: onda di superficie composta da un movimento ellittico e retrogrado.

### 6.3 Onde di Rayleigh – “R”

In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si sono concentrati sulla propagazione delle onde profonde (onde P, onde S) considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare. Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l'analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidità.

### 6.4 Analisi del segnale con tecnica MASW

Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde



di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio f-k è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

## 6.5 Modellizzazione

E' possibile simulare, a partire da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità, coefficiente di Poisson, velocità delle onde S e velocità delle Onde P, la curva di dispersione teorica la quale lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

$$v = \lambda * f$$

Modificando i parametri del modello geotecnico sintetico, si può ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale: questa fase è detta di inversione e consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi a differente rigidità.

## 6.6 Modi di vibrazione

Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle a profondità elevate.



## 6.7 Profondità di indagine

Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.

## 6.8 Risultati indagine MASW

**Inizio registrazione:** 22/09/2022 13:08:45

**Fine registrazione:** 22/09/2022 13:30:46

**Durata registrazione:** 0h22'00"

**Freq. campionamento:** 1024 Hz

**Nomi canali:** da B1 a B11

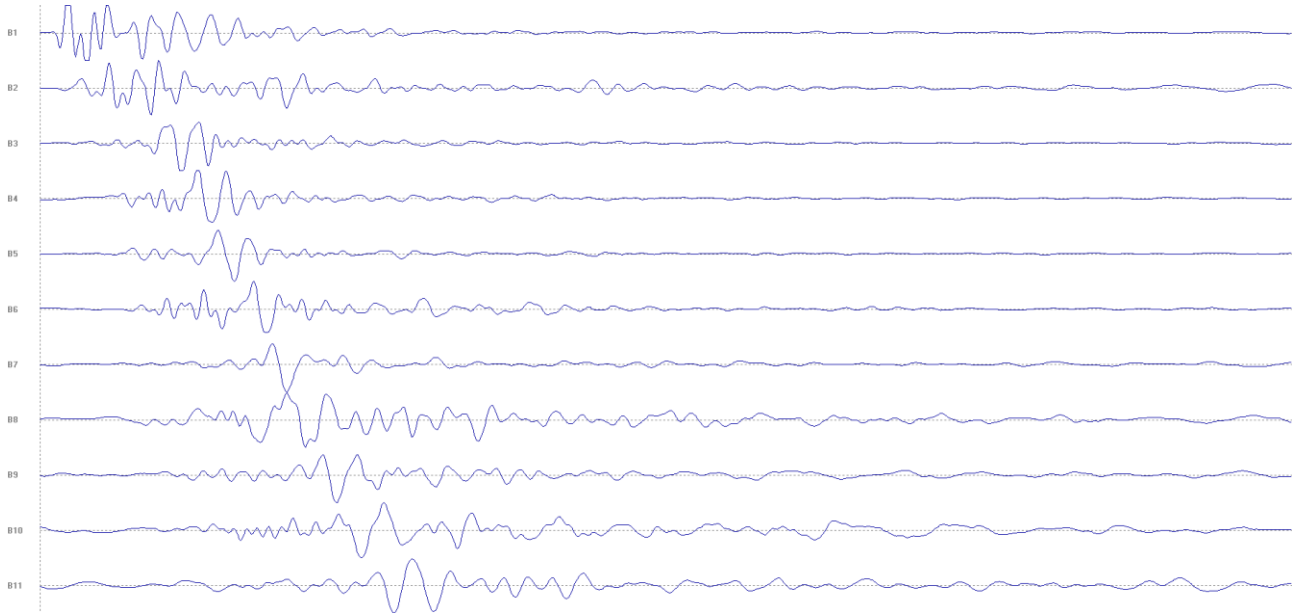
**Energizzazione:** mazza da 8 kg

<b>Array</b>	33 m
<b>Distanza tra le energizzazioni</b>	3 m
<b>Distanza dal ricevitore</b>	3 m
<b>N. energizzazioni</b>	11
<b>Campionamento</b>	1024 Hz

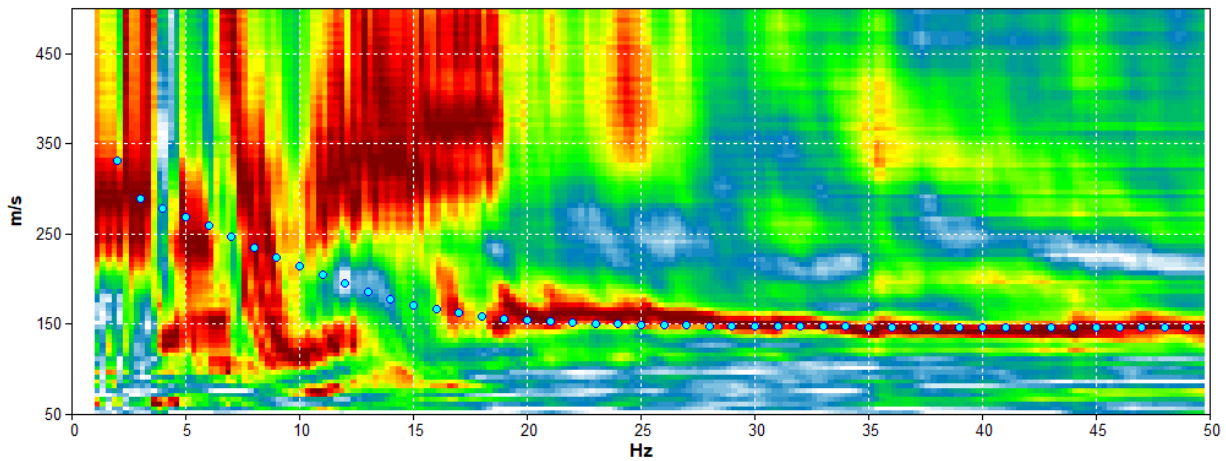




**SISMOGRAMMA**



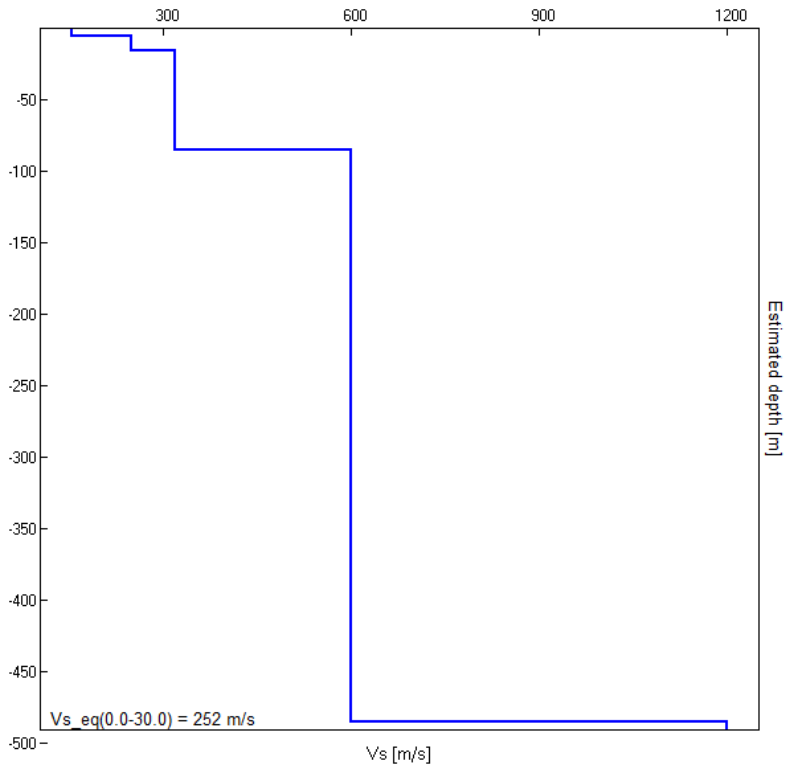
**MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE**



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
5.00	5.00	155	0.42
15.00	10.00	250	0.42
85.00	70.00	320	0.42
485.00	400.00	600	0.43
inf.	inf.	1200	0.43

**Vs\_eq (0.0-30.0) = 252 m/s**

**PROFILO Vs**



**6.9 Strumentazione utilizzata**

**TROMINO BLU**



<b>PRODUTTORE</b>	MICROMED s.p.a.
<b>MODELLO</b>	TROMINO
<b>VERSIONE</b>	TEB – 0649/06-21
<b>SOFTWARE</b>	Grilla



## 7 RILIEVO IN SITO - HVSR

### 7.1 Cenni sulla teoria della tecnica HVSR

La tecnica HVSR permette in primo luogo di valutare la frequenza di vibrazione naturale di un sito. Successivamente, come ulteriore sviluppo, la stima del parametro normativo Vs30 attraverso un processo di inversione del problema iniziale. Le ipotesi alla base della tecnica sono: una concentrazione del contenuto in frequenza localizzato maggiormente in quelle basse (tipicamente al di sotto dei 20 Hz); assenza di sorgenti periodiche e/o con contenuto in alte frequenze; le sorgenti di rumore sono uniformemente distribuite intorno alla stazione di registrazione. Se queste sono soddisfatte, la tecnica può essere suddivisa nelle fasi che vengono di seguito illustrate.

Si esegue una registrazione del rumore ambientale lungo tre direzioni ortogonali tra loro (x,y,z) con una singola stazione. Tale registrazione deve essere effettuata, secondo le indicazioni del progetto SESAME, per una durata non inferiore ai 20 minuti.

Si esegue un'operazione detta di windowing, in cui le tre tracce registrate vengono suddivise in finestre temporali di prefissata durata. Secondo le indicazioni del succitato progetto SESAME tale dimensione, detta Long Period, deve essere almeno pari ai 20 secondi. Si ottiene così un insieme di finestre "long", che sono sincronizzate fra le tracce.

Queste finestre vengono filtrate in base a dei criteri che permettono di individuare l'eventuale presenza di transienti (disturbi temporanei con grandi contributi nelle frequenze alte) o di fenomeni di saturazione.

Per ciascuna delle finestre rimanenti, quindi ritenute valide, viene valutato lo spettro di Fourier. Quest'ultimo viene sottoposto a tapering e/o lisciamiento secondo una delle varie tecniche note in letteratura e ritenute all'uopo idonee.

Successivamente si prendono in considerazione gli spettri delle finestre relative alle tracce orizzontali in coppia. Ovvero, ogni spettro di una finestra per esempio della direzione X, ha il suo corrispettivo per le finestre nella direzione Y, vale a dire che sono relative a finestre temporali sincrone. Per ognuna di queste coppie viene eseguita una somma tra le componenti in frequenza secondo un determinato criterio che può essere, ad esempio, una semplice media aritmetica o una somma euclidea.



Per ciascuna coppia di cui sopra, esiste lo spettro nella direzione verticale Z, ovvero relativo alla finestra temporale sincrona a quelle della coppia. Ogni componente in frequenza di questo spettro viene usato come denominatore nel rapporto con quello della suddetta coppia. Questo permette quindi di ottenere il ricercato rapporto spettrale H/V per tutti gli intervalli temporali in cui viene suddivisa la registrazione durante l'operazione di windowing.

Eseguendo per ciascuna frequenza di tali rapporti spettrali una media sulle varie finestre, si ottiene il rapporto spettrale H/V medio, la cui frequenza di picco (frequenza in cui è localizzato il massimo valore assunto dal rapporto medio stesso) rappresenta la deducibile stima della frequenza naturale di vibrazione del sito.

L'ulteriore ipotesi che questo rapporto spettrale possa ritenersi una buona approssimazione dell'ellitticità del modo fondamentale della propagazione delle onde di Rayleigh, permette di confrontare questi due al fine di ottenere una stima del profilo stratigrafico. Tale procedura, detta di inversione, consente di definire il profilo sostanzialmente in termini di spessore e velocità delle onde di taglio. Avendo quindi una stima del profilo della velocità delle onde di taglio, è possibile valutarne il parametro normativo  $V_{s,eq}$ .





EAC 34: AJAEU/19/15558

## 7.2 Risultati indagine HVSR

**Inizio registrazione:** 22/09/2022 13:08:46

**Fine registrazione:** 22/09/2022 13:30:46

**Nomi canali:** NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN .

**Durata registrazione:** 0h22'00".

**Analisi effettuata sull'intera traccia.**

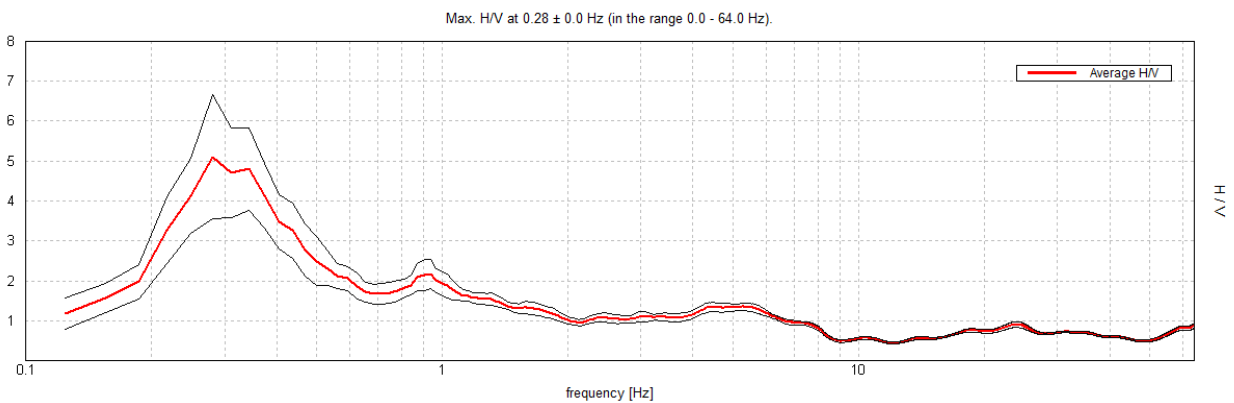
**Freq. campionamento:** 128 Hz

**Lunghezza finestre:** 20 s

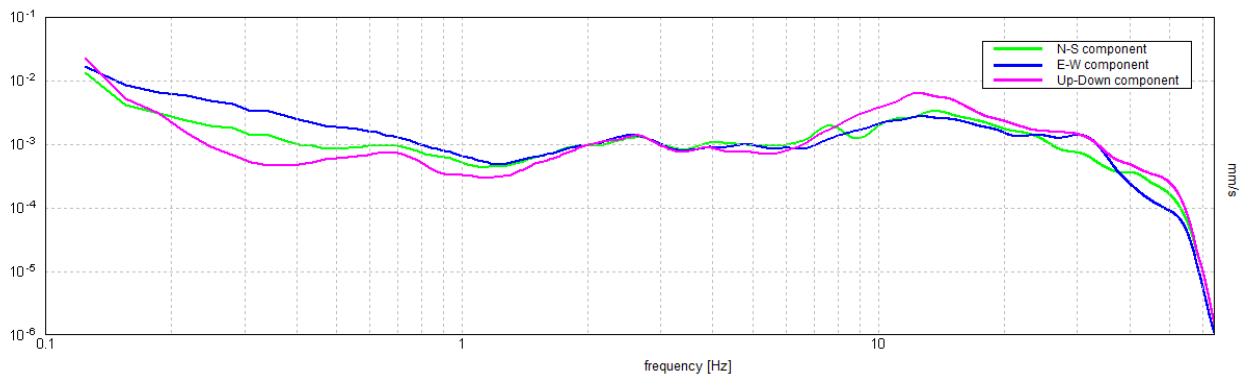
**Tipo di lisciamento:** Triangular window

**Lisciamento:** 10%

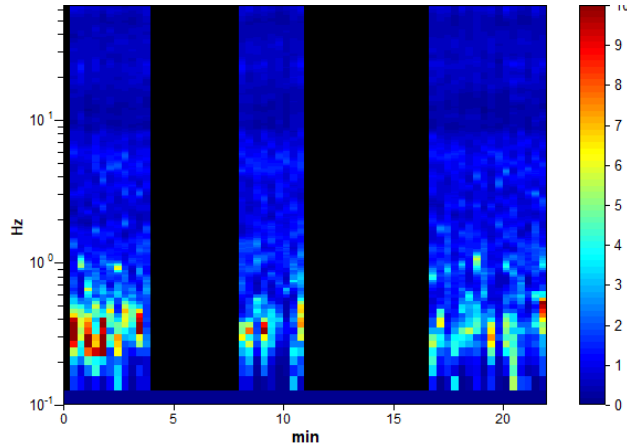
### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



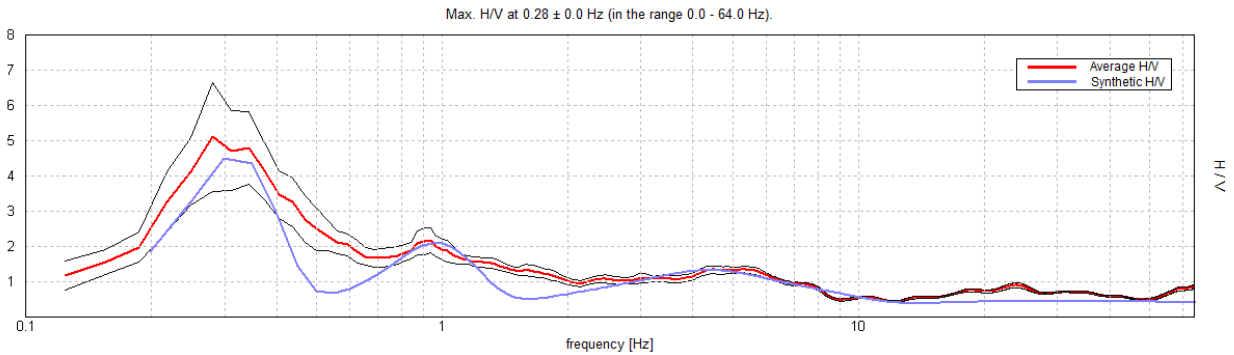
### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



SERIE TEMPORALE H/V



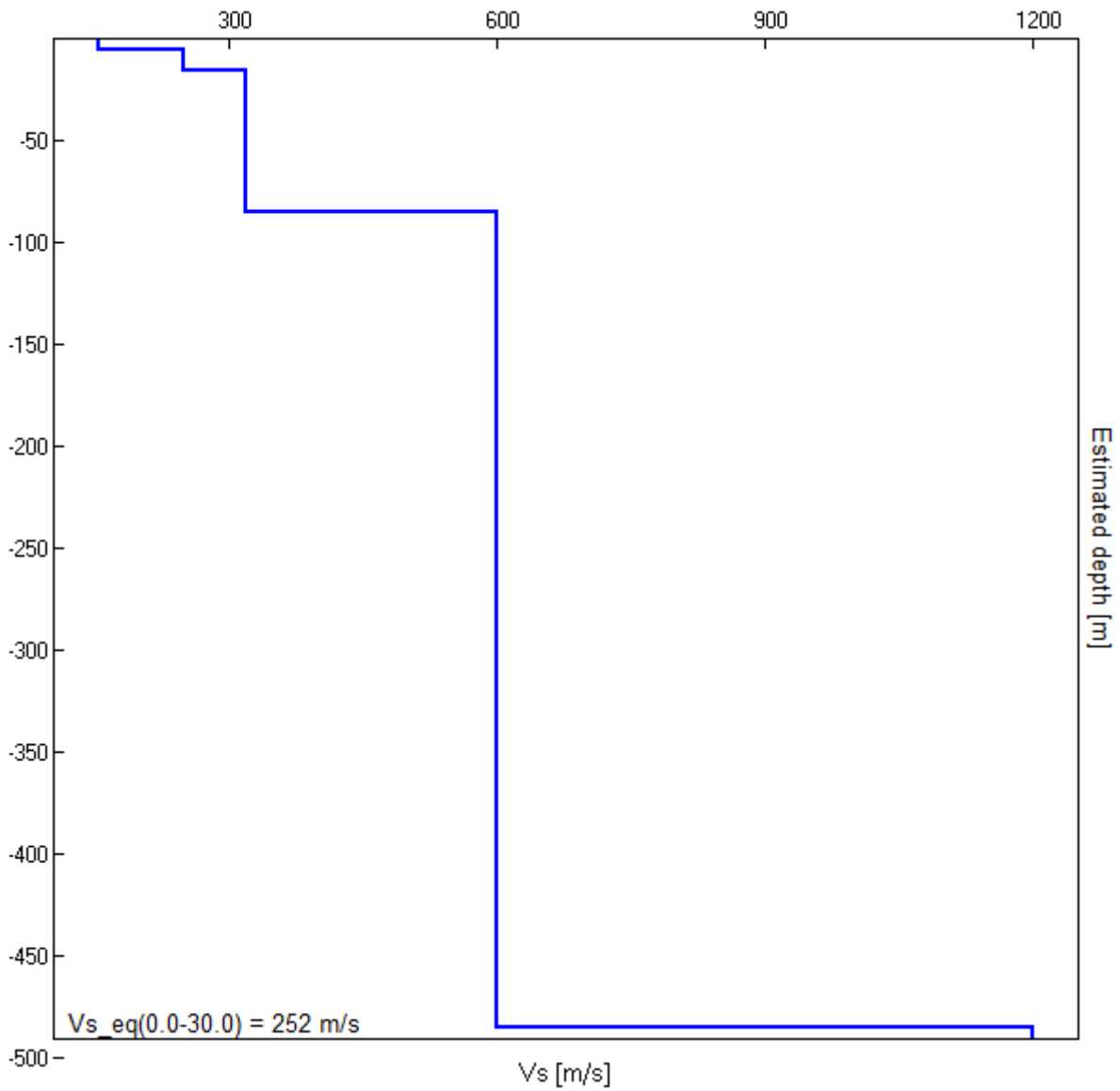
H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
5.00	5.00	155	0.42
15.00	10.00	250	0.42
85.00	70.00	320	0.42
485.00	400.00	600	0.43
inf.	inf.	1200	0.43

**Vs\_eq (0.0-30.0) = 252 m/s**

### PROFILO Vs



Secondo le linee guida SESAME, 2005.

Max. H/V at  $0.28 \pm 0.0$  Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.28 > 0.50$		<b>NO</b>
$n_c(f_0) > 200$	$202.5 > 200$	<b>OK</b>	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 15	<b>OK</b>	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.188 Hz	<b>OK</b>	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	0.5 Hz	<b>OK</b>	
$A_0 > 2$	$5.10 > 2$	<b>OK</b>	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.0  < 0.05$	<b>OK</b>	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.0 < 0.05625$	<b>OK</b>	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$1.5432 < 2.5$	<b>OK</b>	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

### Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20



## 8 RILIEVO IN SITO - DPSH

### 8.1 PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Per la valutazione dei parametri geotecnici dei terreni più superficiali, influenzati dalle pressioni dell'opera, è stata analizzata la prova penetrometrica dinamica effettuata nella zona in studio. Le informazioni ottenute sono di tipo continuo, poiché le misure di resistenza alla penetrazione sono registrate durante tutta l'infissione, da questa si ricava la resistenza all'avanzamento mediante il numero di colpi  $N$  necessario all'abbassamento di 20 cm del gruppo di infissione e, conseguentemente, una serie di parametri identificativi quali la densità relativa ( $D_r$ ), l'angolo di attrito interno ( $f$ ), la resistenza dinamica ( $R_d$ ) ed il modulo di deformazione in generale ( $E$ ). Le prove penetrometriche rappresentano un mezzo veloce e soprattutto economico per la valutazione della capacità portante di un terreno e, in prima approssimazione, anche dei cedimenti dovuti ai vari carichi, con tale tipo di indagine viene determinato, in maniera indiretta e tramite appositi diagrammi, il carico ammissibile del terreno e la migliore soluzione sulla tipologia di fondazione da adottare. La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, la consistenza in generale del terreno per definirne il relativo modello geotecnico. Le prove eseguite e i risultati, nonché l'ubicazione della stessa sono riportati sia nelle tabelle che nei grafici in allegato. Per quanto riguarda le quote e le profondità si fa riferimento al piano campagna attuale così come si evince dalla cartografia allegata. Scopo delle prove è stato quello di fornire dati utili alla caratterizzazione dei terreni interessati dai carichi di fondazione, correlando il numero di colpi  $N$ , necessari all'avanzamento di 20 cm delle aste nel terreno, alle caratteristiche geomeccaniche degli stessi, per ricavare, dalla interpretazione delle prove eseguite, alcuni parametri di resistenza al taglio e deformabilità del substrato dell'area in esame, con la possibilità di fornire valori correlabili di  $D_r$ ,  $\phi$ ,  $E_{ed}$ , ecc., dei litotipi esistenti. Di qui, l'interpretazione dei risultati ottenuti consente di individuare sismostrati a partire da p.c., di diverso spessore, caratterizzati da velocità sismiche ( $V_p$  e  $V_s$ ), e dai seguenti parametri elasto-dinamici: coefficiente di Poisson ( $\nu$ ), Modulo di Young ( $E$ ), Modulo di Incompressibilità ( $K$ ) e Modulo di Taglio ( $G$ ).





## 8.2 RISULTATI DPSH

Si riportano di seguito i certificati di prova con i risultati delle prove penetrometriche dinamiche svolte in sito.

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
 TABELLE VALORI DI RESISTENZA

n° 7

- indagine : Città Metropolitana di Napoli-Smart City Napoli No  
 - cantiere : Investimenti in progetti relativi a Piani Urbani I  
 - località : Via R. Volpicelli - Arzano (NA)  
 - note : Aut. Min. Settore C n° 157 del 19/04/2011  
 - data : 26/09/2022  
 - quota inizio : Cert P119-22-07  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,20	10	105,1	---	1	9,20 - 9,40	5	29,1	---	10
0,20 - 0,40	3	31,5	---	1	9,40 - 9,60	7	38,8	---	11
0,40 - 0,60	3	28,9	---	2	9,60 - 9,80	6	33,3	---	11
0,60 - 0,80	2	19,3	---	2	9,80 - 10,00	5	27,7	---	11
0,80 - 1,00	2	19,3	---	2	10,00 - 10,20	4	22,2	---	11
1,00 - 1,20	2	19,3	---	2	10,20 - 10,40	7	38,8	---	11
1,20 - 1,40	1	9,6	---	2	10,40 - 10,60	8	42,3	---	12
1,40 - 1,60	2	17,8	---	3	10,60 - 10,80	9	47,6	---	12
1,60 - 1,80	1	8,9	---	3	10,80 - 11,00	9	47,6	---	12
1,80 - 2,00	2	17,8	---	3	11,00 - 11,20	10	52,9	---	12
2,00 - 2,20	2	17,8	---	3	11,20 - 11,40	11	58,2	---	12
2,20 - 2,40	1	8,9	---	3	11,40 - 11,60	12	60,8	---	13
2,40 - 2,60	1	8,3	---	4	11,60 - 11,80	7	35,4	---	13
2,60 - 2,80	2	16,6	---	4	11,80 - 12,00	8	40,5	---	13
2,80 - 3,00	4	33,1	---	4	12,00 - 12,20	9	45,6	---	13
3,00 - 3,20	2	16,6	---	4	12,20 - 12,40	9	45,6	---	13
3,20 - 3,40	2	16,6	---	4	12,40 - 12,60	10	48,5	---	14
3,40 - 3,60	3	23,2	---	5	12,60 - 12,80	10	48,5	---	14
3,60 - 3,80	2	15,5	---	5	12,80 - 13,00	11	53,4	---	14
3,80 - 4,00	1	7,7	---	5	13,00 - 13,20	15	72,8	---	14
4,00 - 4,20	2	15,5	---	5	13,20 - 13,40	15	72,8	---	14
4,20 - 4,40	1	7,7	---	5	13,40 - 13,60	15	69,9	---	15
4,40 - 4,60	2	14,5	---	6	13,60 - 13,80	16	74,6	---	15
4,60 - 4,80	2	14,5	---	6	13,80 - 14,00	19	88,6	---	15
4,80 - 5,00	1	7,3	---	6	14,00 - 14,20	13	60,6	---	15
5,00 - 5,20	2	14,5	---	6	14,20 - 14,40	14	65,3	---	15
5,20 - 5,40	2	14,5	---	6	14,40 - 14,60	16	71,7	---	16
5,40 - 5,60	10	68,3	---	7	14,60 - 14,80	17	76,2	---	16
5,60 - 5,80	6	41,0	---	7	14,80 - 15,00	17	76,2	---	16
5,80 - 6,00	10	68,3	---	7	15,00 - 15,20	18	80,7	---	16
6,00 - 6,20	8	54,7	---	7	15,20 - 15,40	17	76,2	---	16
6,20 - 6,40	7	47,8	---	7	15,40 - 15,60	16	69,1	---	17
6,40 - 6,60	6	38,7	---	8	15,60 - 15,80	15	64,8	---	17
6,60 - 6,80	4	25,8	---	8	15,80 - 16,00	14	60,5	---	17
6,80 - 7,00	6	38,7	---	8	16,00 - 16,20	14	60,5	---	17
7,00 - 7,20	8	51,7	---	8	16,20 - 16,40	15	64,8	---	17
7,20 - 7,40	6	38,7	---	8	16,40 - 16,60	13	54,1	---	18
7,40 - 7,60	6	36,7	---	9	16,60 - 16,80	12	50,0	---	18
7,60 - 7,80	8	49,0	---	9	16,80 - 17,00	15	62,5	---	18
7,80 - 8,00	10	61,2	---	9	17,00 - 17,20	14	58,3	---	18
8,00 - 8,20	6	36,7	---	9	17,20 - 17,40	13	54,1	---	18
8,20 - 8,40	8	49,0	---	9	17,40 - 17,60	12	48,3	---	19
8,40 - 8,60	7	40,7	---	10	17,60 - 17,80	11	44,2	---	19
8,60 - 8,80	8	46,5	---	10	17,80 - 18,00	12	48,3	---	19
8,80 - 9,00	9	52,4	---	10	18,00 - 18,20	12	48,3	---	19
9,00 - 9,20	5	29,1	---	10					

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : TG 63-100 EML.C

- M (massa battente)= 63,50 kg - H (altezza caduta)= 0,75 m - A (area punta)= 20,43 cm<sup>2</sup> - D(diam. punta)= 51,00 mm

- Numero Colpi Punta N = N(20) [  $\delta = 20$  cm ]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : SI

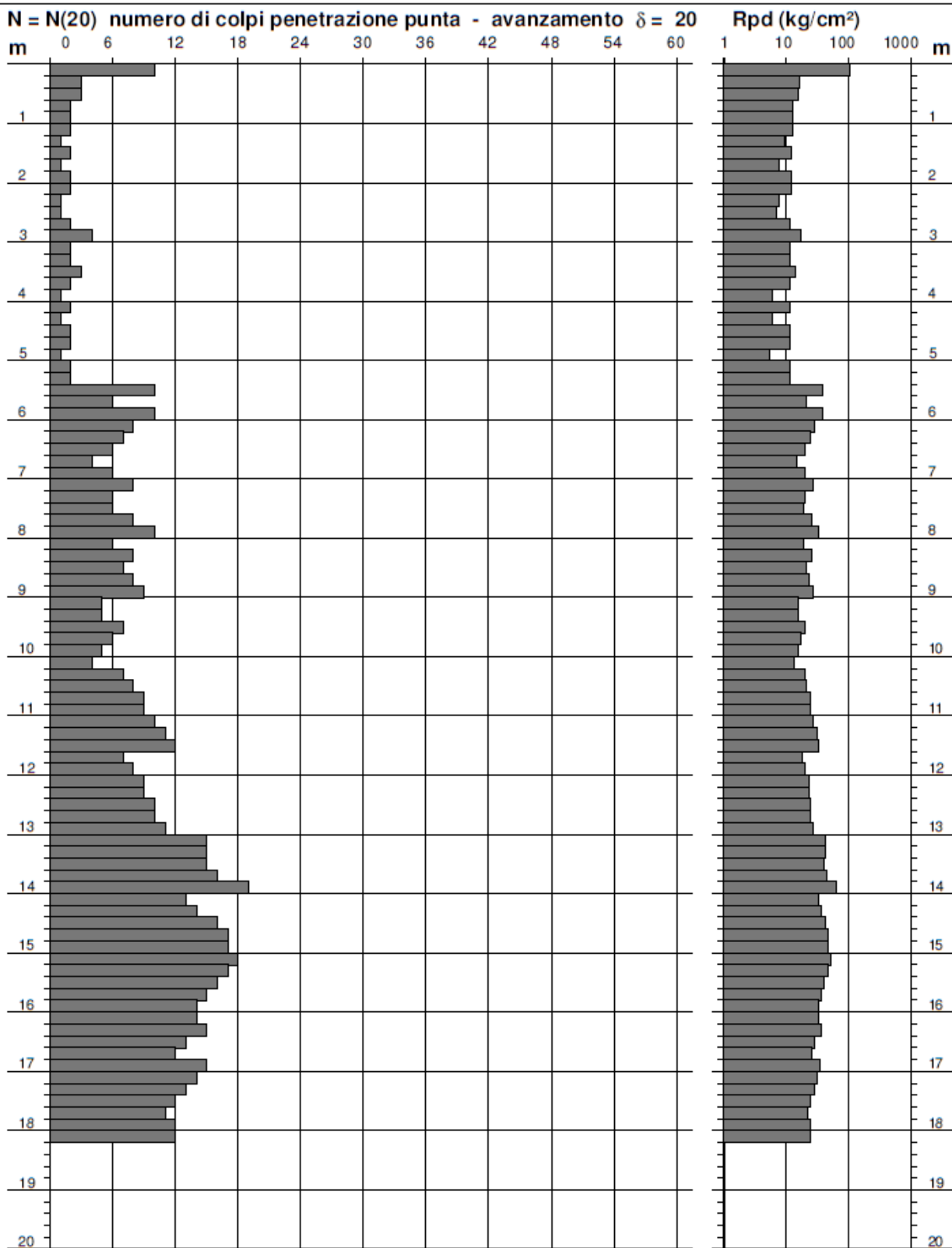
**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
 DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd**

n° 7

Scala 1: 100

- indagine : Città Metropolitana di Napoli-Smart City Napoli No  
 - cantiere : Investimenti in progetti relativi a Piani Urbani I  
 - località : Via R. Volpicelli - Arzano (NA)

- data : 26/09/2022  
 - quota inizio : Cert P119-22-07  
 - prof. falda : Falda non rilevata



- PENETROMETRO DINAMICO tipo : TG 63-100 EMLC

- M (massa battente)= 63,50 kg - H (altezza caduta)= 0,75 m - A (area punta)= 20,43 cm<sup>2</sup> - D(diam. punta)= 51,00 mm

- Numero Colpi Punta N = N(20) [  $\delta = 20$  cm ]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : SI

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
ELABORAZIONE STATISTICA

n° 7

- indagine : Città Metropolitana di Napoli-Smart City Napoli No  
- cantiere : Investimenti in progetti relativi a Piani Urbani I  
- località : Via R. Volpicelli - Arzano (NA)  
- note : Aut. Min. Settore C n° 157 del 19/04/2011  
- data : 26/09/2022  
- quota inizio : Cert P119-22-07  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1

n°	Profondità (m)	PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	$\beta$	Nspt
			M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s	M+s			
1	0,00 0,60	N	5,3	3	10	4,2	---	---	---	5	1,49	7
		Rpd	55,2	29	105	42,1	---	---	---	52		
2	0,60 5,40	N	1,8	1	4	1,4	---	1,1	2,5	2	1,49	3
		Rpd	15,2	7	33	11,2	5,9	9,3	21,1	17		
3	5,40 9,00	N	7,4	4	10	5,7	1,7	5,7	9,1	7	1,49	10
		Rpd	47,0	26	68	36,4	11,3	35,7	58,3	45		
4	9,00 10,20	N	5,3	4	7	4,7	1,0	4,3	6,4	5	1,49	7
		Rpd	30,0	22	39	26,1	5,6	24,4	35,6	28		
5	10,20 13,00	N	9,3	7	12	8,1	1,5	7,8	10,8	9	1,49	13
		Rpd	47,6	35	61	41,5	7,1	40,4	54,7	46		
6	13,00 14,00	N	16,0	15	19	15,5	---	---	---	16	1,49	24
		Rpd	75,7	70	89	72,8	---	---	---	76		
7	14,00 18,20	N	14,3	11	18	12,6	2,0	12,3	16,3	14	1,49	21
		Rpd	61,6	44	81	52,9	10,7	50,9	72,4	60		

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio  
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 20$  cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm<sup>2</sup>)  
 $\beta$ : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta_t = 1,49$ ) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 20$  cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

n°	Prof.(m)	LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
				DR	$\sigma'$	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00 0.60		7	25.0	28.8	245	1.90	1.45	0.44	1.86	36	0.972
2	0.60 5.40		3	11.3	27.2	214	1.86	1.38	0.19	1.78	44	1.194
3	5.40 9.00		10	35.0	30.0	268	1.93	1.50	0.63	1.90	33	0.892
4	9.00 10.20		7	25.0	28.8	245	1.90	1.45	0.44	1.86	36	0.972
5	10.20 13.00		13	39.5	30.9	292	1.95	1.53	0.81	1.93	30	0.818
6	13.00 14.00		24	56.0	34.2	376	2.01	1.63	1.50	2.07	22	0.591
7	14.00 18.20		21	51.5	33.3	353	2.00	1.60	1.31	2.03	24	0.648

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

DR % = densità relativa  $\sigma'$  (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm<sup>2</sup>) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua  
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm<sup>2</sup>) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m<sup>3</sup>) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

## PENETROMETRO DINAMICO IN USO : TG 63-100 EML.C

Classificazione ISSMFE (1988) dei penetrometri dinamici		
TIPO	Sigla riferimento	Peso Massa Battente M (kg)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$
Super pesante	DPSH (Super Heavy)	$M \geq 60$

## CARATTERISTICHE TECNICHE : TG 63-100 EML.C

PESO MASSA BATTENTE	M = 63,50 kg
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H = 0,75 m
PESO SISTEMA BATTUTA	Ms = 0,63 kg
DIAMETRO PUNTA CONICA	D = 51,00 mm
AREA BASE PUNTA CONICA	A = 20,43 cm <sup>2</sup>
ANGOLO APERTURA PUNTA	$\alpha = 60^\circ$
LUNGHEZZA DELLE ASTE	La = 1,00 m
PESO ASTE PER METRO	Ma = 6,31 kg
PROF. GIUNZIONE 1 <sup>a</sup> ASTA	P1 = 0,40 m
AVANZAMENTO PUNTA	$\delta = 0,20$ m
NUMERO DI COLPI PUNTA	N = N(20) $\Rightarrow$ Relativo ad un avanzamento di 20 cm
RIVESTIMENTO / FANGHI	SI
ENERGIA SPECIFICA x COLPO	Q = (MH)/(A $\delta$ ) = 11,66 kg/cm <sup>2</sup> ( prova SPT : Qspt = 7.83 kg/cm <sup>2</sup> )
COEFF.TEORICO DI ENERGIA	$\beta_t = Q/Q_{spt} = 1,489$ ( teoricamente : Nspt = $\beta_t$ N )

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd [funzione del numero di colpi N] (FORMULA OLANDESE) :

$$R_{pd} = M^2 H / [A e (M+P)] = M^2 H N / [A \delta (M+P)]$$

Rpd = resistenza dinamica punta [ area A]  
 e = infissione per colpo =  $\delta / N$

M = peso massa battente (altezza caduta H)  
 P = peso totale aste e sistema battuta

### UNITA' di MISURA (conversioni)

1 kg/cm<sup>2</sup> = 0.098067 MPa  
 1 MPa = 1 MN/m<sup>2</sup> = 10.197 kg/cm<sup>2</sup>  
 1 bar = 1.0197 kg/cm<sup>2</sup> = 0.1 MPa  
 1 kN = 0.001 MN = 101.97 kg





## 9 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DELL'AREA

Con D.M. 17.01.2018 pubblicato nella "Gazzetta Ufficiale" n. 42 del 20 febbraio 2018, Serie generale, sono state approvate le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni, che aggiornano le NTC del 2008 a loro volta derivanti da una prima emanazione con D.M. del 14.09.05 - S.O.159 pubblicato sulla G.U. del 23/09/05 n° 222, in base alle quali per ogni generico sito del territorio nazionale vanno calcolati gli spettri di risposta rappresentativi delle componenti (orizzontali e verticale) delle azioni sismiche di progetto.

Ai fini di una caratterizzazione sismica del territorio, è innanzitutto necessario ricercare gli eventi che si sono verificati nel corso dei secoli nel territorio in esame e per i quali è stato quantificato il valore dell'intensità macrosismica sia per l'area epicentrale che per le varie località in cui tali eventi sono stati avvertiti. Le banche dati di livello nazionali hanno raccolto nel corso degli anni tutte le informazioni utili riguardo ai forti terremoti storici ed alle massime intensità macrosismiche osservate per il territorio italiano, concretizzando il proprio operato nella "**Carta della Classificazione Sismica**" del territorio nazionale.

L'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 Marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zone sismiche" (G.U. n. 105 del 08/05/2003) ha introdotto l'O.P.C.M. 3519 del 2006 che ha stabilito i "Criteri per l'individuazione delle zone sismiche – individuazione, formazione e aggiornamento degli elenchi delle medesime zone". La classificazione prevista da tale ordinanza era articolata in 4 zone, delle quali le prime 3 corrispondono, dal punto di vista della relazione con gli adempimenti previsti dalla legge 64/1974, alle zone di sismicità alta ( $S=12$ ), media ( $S=9$ ) e bassa ( $S=6$ ). La zona 4, di nuova introduzione, e per essa era stata data facoltà alle Regioni di imporre l'obbligo della progettazione antisismica.

Il numero di zone sismiche fissato è pari a 4, corrispondenti ai quattro valori di accelerazione orizzontale ( $a_g/g$ ) di ancoraggio dello spettro di risposta elastico.

Zona sismica	Descrizione	accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni [a <sub>g</sub> ]	accelerazione orizzontale massima convenzionale (Norme Tecniche) [a <sub>g</sub> ]	numero comuni con territori ricadenti nella zona (*)
1	Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi fortissimi terremoti.	a <sub>g</sub> > 0,25 g	0,35 g	703
2	Zona dove possono verificarsi forti terremoti.	0,15 < a <sub>g</sub> ≤ 0,25 g	0,25 g	2.224
3	Zona che può essere soggetta a forti terremoti ma rari.	0,05 < a <sub>g</sub> ≤ 0,15 g	0,15 g	3.002
4	E' la zona meno pericolosa, dove i terremoti sono rari ed è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica.	a <sub>g</sub> ≤ 0,05 g	0,05 g	1.982

La macrozonazione nazionale classificava il territorio del Comune di Arzano (NA) di II categoria ovvero con grado di sismicità S=9 e un coefficiente di intensità sismica C che, secondo la relazione seguente, risulta pari a 0.07 g.

$$C = \frac{S - 2}{100}$$

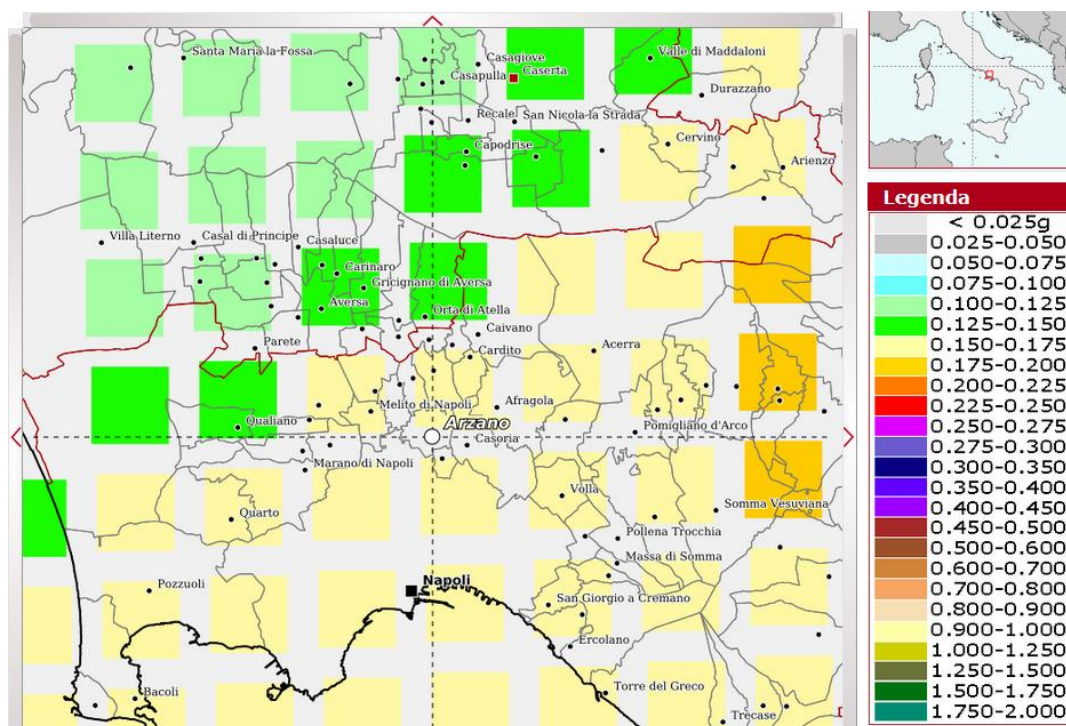
Con l'entrata in vigore dell'O.P.C.M. 3274 e dell'O.P.C.M. 3519, il Comune di Arzano è stato classificato in zona sismica 2 (zona dove possono verificarsi forti terremoti), inoltre con l'entrata in vigore delle summenzionate Norme Tecniche per le Costruzioni, assume particolare importanza, invece, la definizione del modello geologico, geotecnico e sismico sulla verticale del sito e fino alla profondità di 30 m dal p.c.

La mappa del territorio nazionale per la pericolosità sismica, disponibile on-line sul sito dell'INGV di Milano indica che il territorio comunale di Arzano (NA) rientra nelle celle contraddistinte da valori di a<sub>g</sub> di riferimento compresi tra 0.150 e 0.175 (punti della griglia riferiti a: parametro dello scuotimento a<sub>g</sub>; probabilità in 50 anni 10%; percentile 50).

La determinazione dello spettro di risposta del sisma (NTC cap. 3.2.3) va calcolato tenendo in considerazione diversi fattori, alcuni dei quali caratteristici della struttura in progetto e/o interessata da interventi migliorativi, altri invece caratteristici della topografia e/o litologia dei terreni investigati (a<sub>g</sub>, F<sub>0</sub>, T\*c).

Tali parametri dipendono dalla categoria del sottosuolo e le indagini effettuate sono state proprio finalizzate alla determinazione della giacitura e potenza degli strati e alla caratterizzazione sismica, intesa come determinazione della Velocità delle onde sismiche trasversali  $V_s$  dei singoli sismostrati dei terreni presenti nell'area interessata dall'intervento in progetto, con calcolo della media pesata ed attribuzione della categoria di suolo di cui al D.M. 17.01.2018 con la verifica della significatività, in senso orizzontale, di tale attribuzione attraverso le seguenti fasi di verifica:

1. Caratterizzazione sismica dei terreni;
2. Valutazione della Rigidity sismica e relativo coefficiente di fondazione;
3. Determinazione del periodo proprio del sottosuolo;
4. Determinazione della classe di appartenenza in base al D.M. 17.01.2018;



*Mappa della pericolosità sismica del territorio comunale di Arzano (NA) dell'INGV con i range di valori delle ag nella legenda corrispondente*

Infatti a differenza dei precedenti provvedimenti legislativi, nell'D.M. attuale si tiene conto per la definizione dello spettro di risposta locale, delle caratteristiche dei terreni di fondazione, in particolare si definiscono le tipologie di suolo differenziate per la diversa velocità media ( $V_{s,eq}$ ) di propagazione delle onde S secondo la tabella che segue:

**Tab. 3.2.II –** *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

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

*Classificazione sismica dei suoli D.M. 17.01.2018*

Per la caratterizzazione sismica dei terreni interessati dalla struttura in progetto, sono stati utilizzati i dati desunti dalla prova sismica tipo MASW, e da cui, è stato possibile risalire al valore delle  $V_{s,eq}$  pari a :

$$V_{s,eq} = 252 \text{ m/s}$$

e in considerazione della tab. 3.2.II delle NTC-18, al sottosuolo è stata assegnata la categoria "C" a cui corrispondono "Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi fra 180 m/s e 360 m/s"

<b>Categoria del sottosuolo</b> (tab. 3.2.II delle NTC-18)	<b>C</b>
--	----------

per il sito in esame i valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T^*_c$  calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame, utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione ed i quattro vertici, attraverso la seguente espressione:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{p_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}} \quad [3]$$

nella quale:

- $p$  è il valore del parametro di interesse nel punto in esame;
- $p_i$  è il valore del parametro di interesse nell' $i$ -esimo punto della maglia elementare contenente il punto in esame;
- $d_i$  è la distanza del punto in esame dall' $i$ -esimo punto della maglia suddetta.





Risultano i seguenti:

<b><math>a_g</math></b>	<b><math>F_0</math></b>	<b><math>T^*_c</math></b>
<b>0.161</b>	<b>2.388</b>	<b>0.346</b>

a cui sono associati i coefficienti di amplificazione topografica  $S_s$  e  $C_c$  che si calcolano secondo le espressioni fornite nella tab. 3.2.IV delle NTC-18

Categoria sottosuolo	$S_s$	$C_c$
<b>C</b>	<b><math>1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot a_g/g \leq 1,50</math></b>	<b><math>1,05 \cdot (T^*_c)^{-0,33}</math></b>
	<b>1.469</b>	<b>1.490</b>

estratto tab. 3.2.V delle NTC-18

e in ultimo la categoria topografica per la determinazione della quale per configurazioni superficiali semplici si può adottare la classificazione della tab. 3.2.III e tab.3.2. V delle NTC-18.

<b>Condizioni topografiche</b> (tab. 3.2.III delle NTC-18)	<b>T 1</b>
<b>Coefficiente topografico (<math>S_T</math>)</b>	<b>1,0</b>

Per determinare l'accelerazione orizzontale massima  $a_{max}$  è necessario considerare il coefficiente  $S$ , che tiene conto del coefficiente di amplificazione stratigrafica  $S_s$  e del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$ . Il valore di  $a_{max}$  sarà dato da:

<b><math>S = S_s \times S_T</math></b>	<b>1.469</b>
<b><math>a_{max} = a_g \times S</math> [g]</b>	<b>0.237</b>





## 6. PERICOLOSITA' GEOLOGICA

I fenomeni franosi e quelli alluvionali sono le principali cause di dissesto del territorio e costruiscono, pertanto, gli elementi predominanti nella valutazione del Rischio Idrogeologico per una determinata area. Sono i fattori che bisogna tenere sotto controllo con maggiore attenzione e verso i quali bisogna predisporre adeguate misure di salvaguardia e prevenzione a tutela della pubblica utilità ed incolumità. Un'efficace azione in tal senso si esplica, in via preliminare, attraverso la individuazione e la perimetrazione di aree potenzialmente più esposte all'azione di tali agenti e nella loro potenziale previsione. L'azione più incisiva in tal senso, per una determinata area, consiste in una quanto più possibile corretta valutazione del Rischio inteso come "Entità del danno atteso in una data area ed in un certo intervallo di tempo in seguito al verificarsi di un particolare evento", nello specifico Franoso e/o idraulico.

Per un dato elemento a rischio, che nel nostro caso potrebbe essere costituita dall'area sulla quale si andranno ad inserire le opere in epigrafe, l'entità del danno è correlata a diversi elementi quali:

- la pericolosità costituita, in termini probabilistici, dalla possibilità che un dato evento calamitoso si verifichi in una determinata zona ed in un certo intervallo di tempo tale da influenzare l'elemento a rischio;
- la vulnerabilità ovvero il grado di perdita prodotto su un certo elemento, o gruppo di elementi, esposto a rischio derivante dal verificarsi dell'evento;

il valore esposto, in termini di vite, di popolazione, di proprietà e di attività economiche, inclusi i servizi pubblici, a rischio in una data area;

- il danno definito come il grado di perdite previste in termini di persone e/o beni in seguito all'evento; il danno è funzione sia del valore esposto che della vulnerabilità.

Dalla combinazione di tali fattori dipende, quindi, il Rischio da associare ad un determinato evento. Il che ci fa capire la estrema difficoltà che una corretta valutazione di tale elemento comporta, anche solamente in termini di semplice combinazione dei fattori che concorrono alla sua determinazione. Tenendo anche conto, con tutto il rispetto per la statistica, che tutti questi fattori sono sempre, e comunque, espressi in termini probabilistici.

Alla luce di tali considerazioni il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico, redatto nello specifico dall'Autorità di Bacino (già Nord – Occidentale) Regionale della Campania Centrale, nel cui ambito territoriale di competenza e inserito il sito oggetto delle presenti indagini, individua, aree omogenee nei confronti di una data fenomenologia perimetrando sulla base delle conoscenze fino al momento della redazione acquisite dall'autorità di bacino.



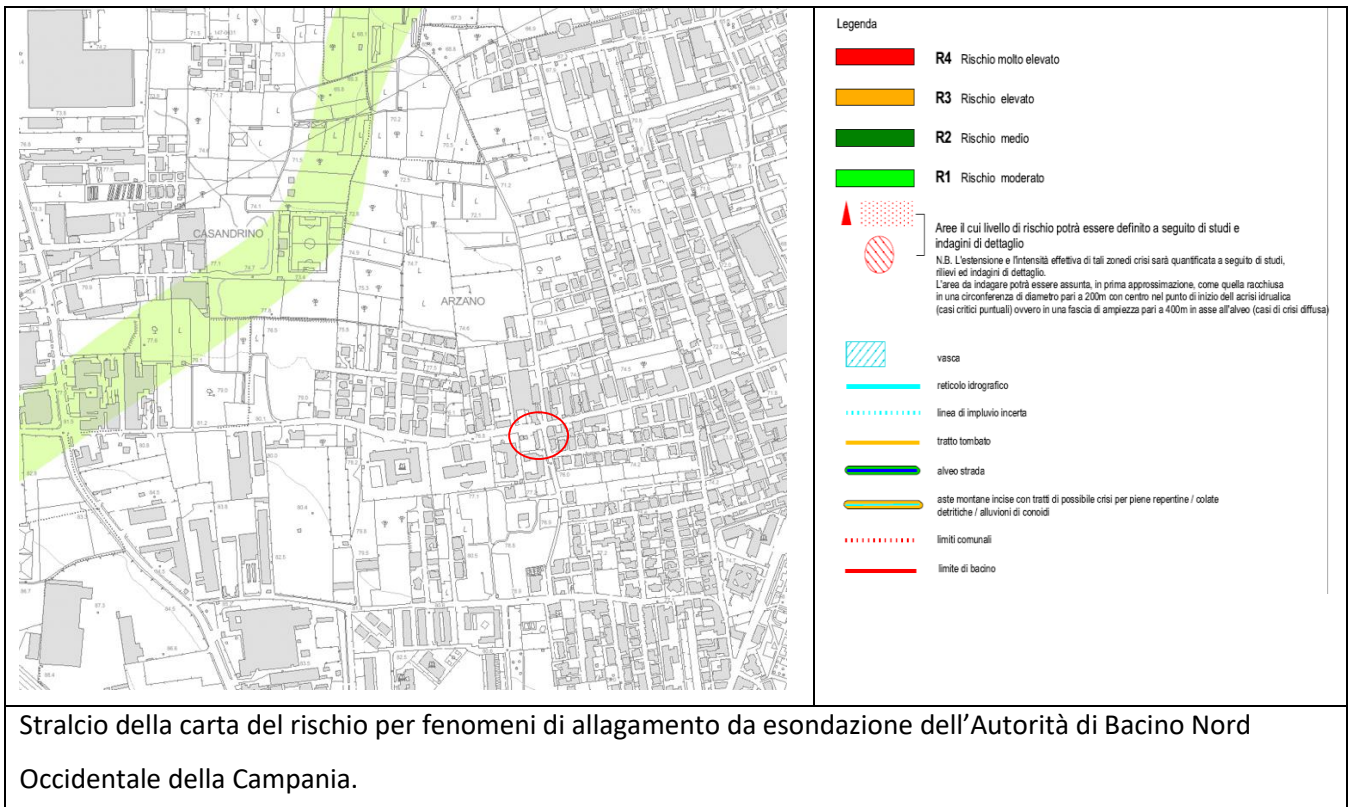
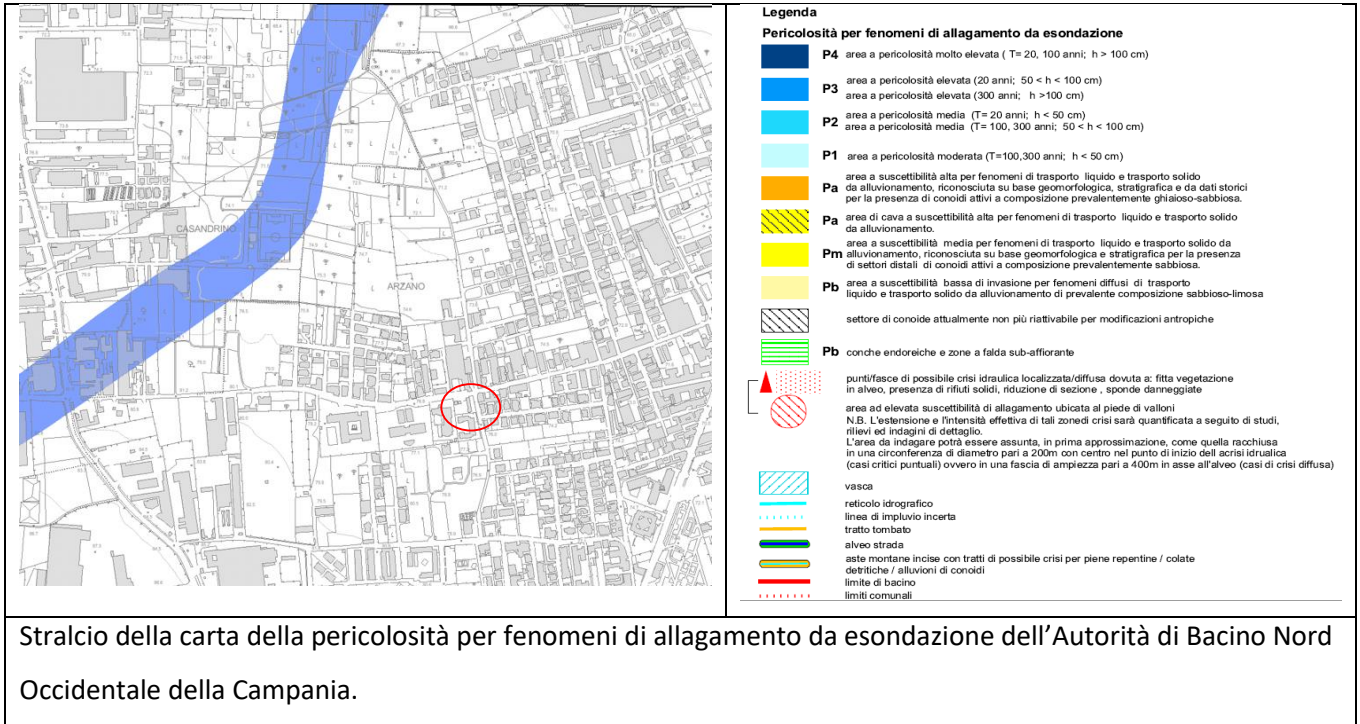
In particolare il P.S.A.I. individua due tipologie di fenomeni prevalenti nel suo ambito territoriale rispetto ai quali sono stati stabiliti i predefiniti livelli di pericolosità e nella cartografia allegata al piano, opportunamente perimetrata sono state riportate le aree omogenee nei confronti del relativo rischio:

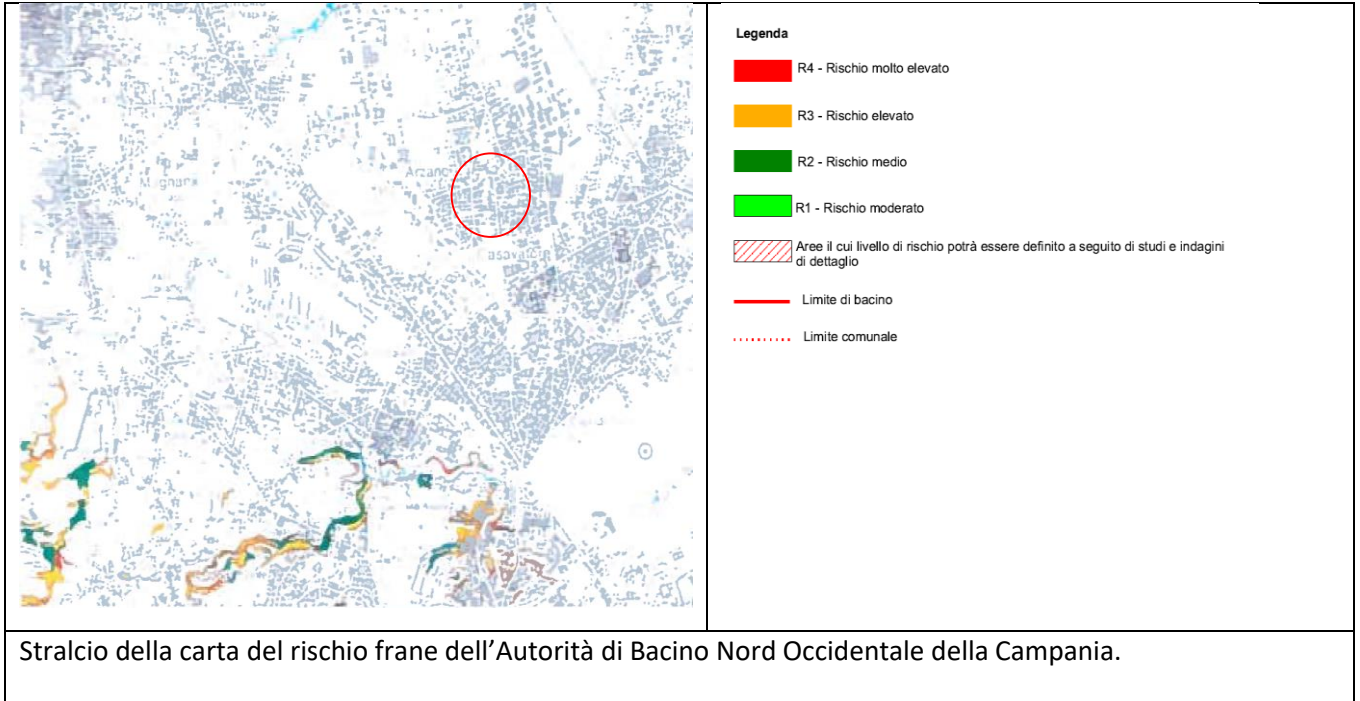
- Frane
- Dissesti Idraulici lungo le aste dei principali corsi d'acqua.

Il territorio del Comune di Arzano è inserito nel perimetro del Bacino Nazionale "Nord Occidentale" ai sensi della Legge 183/89. il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino regionale Nord Occidentale della Campania individua e perimetra le aree classificate pericolose ed a rischio idrogeologico, considerando la propensione ai dissesti e le rispettive interferenze con la presenza di beni e interessi vulnerabili. Gli elaborati tecnici definiscono per il bacino idrografico Nord Occidentale della Campania le aree:

- a rischio idraulico in: molto elevato (R4), elevato (R3), medio (R2) e moderato (R1);
- a pericolosità idraulica in: pericolosità moderata (P1), pericolosità media (P2), pericolosità elevata (P3), pericolosità molto elevata (P4);
- a rischio frane in: molto elevato (R4), elevato (R3), medio (R2) e moderato (R1);
- a pericolosità idraulica in: Area a suscettibilità alta all'innesco, al transito e/o all'invasione da frana (P3); Area a suscettibilità media all'innesco, al transito e/o all'invasione da frana (P2), Area a suscettibilità bassa all'innesco, al transito e/o all'invasione da frana (P1);

Dagli Stralci delle Carte del Rischio e di Pericolosità di seguito riportate, per il sito indagato (cerchiato in rosso), non si segnalano aree a rischio idraulico o di coinvolgimento da frana. Dall'analisi effettuata l'area non presenta, allo stato attuale, fenomenologie riferibili a instabilità gravitazionali; nell'immediato intorno non sono stati riconosciuti fenomeni riferibili a colate di fango né a fenomeni di instabilità gravitazionale nell'intera area né sono segnalati fenomeni di invasione di acque di scolo né sono stati riconosciuti alluvionamenti dell'area; non sono stati mai ritrovati detriti calcarei o fanghiglia nelle zone immediatamente circostanti.









## 10 CONCLUSIONI

La presente relazione geologica è stata redatta per dare seguito al progetto **“UNA NUOVA MOBILITÀ SOSTENIBILE. AFFIDAMENTO DEL SERVIZIO DI RILIEVO PLANOALTIMETRICO ED INDAGINI STRUTTURALI E GEOLOGICHE NONCHÉ REDAZIONE DELLA RELAZIONE GEOLOGICA (ART. 48, COMMA 7, DEL DL 77/21). CIG 9392305746 CUP I45I22000020006 CUP I45I22000030006”**, nel territorio comunale di Arzano (NA).

Il presente studio si è avvalso di studi bibliografici, prove penetrometriche dinamiche e prospezioni sismiche nell’area in studio, attività conoscitiva ed investigativa, all’uopo di ottenere un esauriente e completa fonte di dati per la stesura del modello geologico e per l’ottemperanza delle caratteristiche geologiche richieste dalle norme vigenti e dalle più moderne disposizioni di tecniche geologiche.

In sintesi, lo studio geologico ha dato i risultati che è possibile così sintetizzare:

La prova penetrometrica ha permesso di evidenziare strati che presentano caratteristiche geomeccaniche variabili ( $N_{spt} = 3 - 24$ ), angolo d’attrito interno medio pari a circa  $30^\circ$ , ascrivibili a litotipi detritici, argillosi arenacei alternati a piroclastiti parzialmente compatte. Per quanto riguarda la caratterizzazione sismica del sito, in ottemperanza alle direttive del D.M. 17 gennaio 2018 sono stati calcolati i valori di cui in tabella ed utili alla definizione alla classificazione del sito come appartenente alla categoria “C” a cui corrispondono “Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi fra 180 m/s e 360 m/s”. Inoltre la zona indagata rientra in una zona sismica 2 con una  $a_{max}$  pari a 0.237 g.

**Geologo**  
**dott.ssa Margherita FIONDELLA**