

1. INDICE

1.	INDICE.....	2
2.	PREMESSA.....	3
3.	MODELLO GEOLOGICO PRELIMINARE.....	5
4.	INDAGINI IN SITU	13
5.	MODELLO GEOLOGICO DEFINITIVO	18
6.	CONCLUSIONI	26

2. PREMESSA

Il sottoscritto dott. geol. Salvatore Esposito, iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione Campania con il n° 1661, è stato incaricato dall'Amministrazione Comunale di Meta, con Determina Dirigenziale n. 118 del 22.03.2013 di redigere il presente "Studio geologico propedeutico al Piano Urbanistico Attuativo 2" nel territorio comunale di Meta (NA).

Lo studio eseguito mira alla valutazione della compatibilità geologica, geomorfologica e sismica della porzione territoriale inserita nell'ambito del P.U.A. 2 a seguito di indagini in situ e valutazioni cartografiche.

Lo stesso studio è stato redatto ai sensi delle seguenti normative:

- ❖ Norme tecniche per le costruzioni (NTC 14 gennaio 2008);
- ❖ Normativa sismica nazionale (O.P.C.M. 3274/03; O.P.C.M. 3431/05);
- ❖ Normativa sismica regionale (L.R. 9/83);
- ❖ Legge Regionale 16/04.
- ❖ Delibera di Giunta Regionale n° 5447 del 07.11.2002, che ha riclassificato il territorio comunale di Meta (NA), definendolo di III categoria sismica;
- ❖ Normativa difesa del suolo regionale (Norme Attuazione PSAI ex Autorità di Bacino Regionale Sarno, attuale Autorità di Bacino Regionale Campania Centrale - Delibera di Adozione del Comitato Istituzionale n.4 del 28/07/2011).

L'area inserita nell'ambito del PUA 2 comprende gran parte del centro del territorio comunale di Meta, la stessa è stata adeguatamente indicata e rappresentata nelle tavole allegare alla presente relazione illustrativa.

Lo studio è stato redatto eseguendo in sequenza diverse fasi operative; la prima è consistita in una serie di incontri con la Stazione Appaltante, di sopralluoghi in situ ed in un accorto rilevamento geologico e geomorfologico.

Questa fase ha 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 relativi a studi geologici realizzati sul territorio comunale di Meta, integrati anche con studi realizzati dal sottoscritto.

A seguito dei sopralluoghi effettuati, è stata progettata e realizzata una campagna di indagini geognostiche e sismiche per verificare le condizioni di sito con l'esecuzione di:

- n° 3 sondaggi geognostici a carotaggio continuo spinti fino alla profondità di 30m dal p.c.;
- Prelievo di n. 3 campioni indisturbati (uno per carotaggio), sottoposti a prove di laboratorio (analisi granulometrica, caratteristiche fisiche generali e taglio);
- n° 9 prove penetrometriche dinamiche del tipo S.P.T. in foro (tre per carotaggio) ;
- n° 3 prospezioni sismiche down – hole in foro di sondaggio.
- N° 3 prospezioni sismiche superficiali Masw.

3. MODELLO GEOLOGICO PRELIMINARE

Il comune di Meta, e l'area di studio in particolare, si estende nella porzione centrale della Penisola Sorrentina lungo il pianoro tufaceo che va da Meta a Sorrento.

L'assetto strutturale della Penisola (**Figg. 1 – 2**) e, conseguentemente di tutto il territorio comunale, è il risultato di una complessa serie di vicissitudini ed eventi tettogenetici succedutisi in un arco temporale compreso tra il Miocene ed il Pliocene Inferiore.

Chiaramente impostata su lineazioni tettoniche dal tipico andamento antiappenninico, la Penisola Sorrentina presenta una morfologia piuttosto articolata e i terreni più antichi affioranti sono costituiti dalle successioni calcareo - dolomitiche di età cretacea (che, dal punto di vista stratigrafico, rappresentano la porzione interna della cosiddetta Piattaforma Campano - Lucana, frammentata e poi variamente dislocata dalle diverse fasi tettoniche che hanno caratterizzato la formazione dell'Appennino Centro Meridionale) e da quelle terrigene trasgressive di età miocenica.

Su tali successioni, in seguito, si sono depositati i principali terreni di copertura, piroclastici e detritici continentali quaternari, che evidenziano una distribuzione piuttosto articolata, con affioramenti più o meno circoscritti.

La successione mesozoica calcarea e calcareo - dolomitica di piattaforma costituisce l'ossatura dei rilievi del territorio comunale, costituendo a grandi linee una monoclinale immergente verso nord e nord - ovest, localmente fagliata e dislocata in numerosi blocchi innalzati e ribassati.

Su tale sequenza si appoggiano i depositi trasgressivi della successione terrigena miocenica, costituiti essenzialmente da arenarie, fini e grossolane, e silt suddivise in più membri caratterizzati da notevoli eteropie di facies, in cui si rinvennero anche olistostromi argillosi, che, localmente, realizzano un efficace azione di tamponamento alla serie calcareo - dolomitica appena descritta e rappresentano un importante orizzonte geologico ed idrogeologico a carattere locale.

I depositi quaternari continentali sono piuttosto estesi ed evidenti, in forma di falde e con detritici cementati o fortemente addensati, localizzati in porzioni di

versante ben definite, mentre la distribuzione delle piroclastiti dipende molto dalla condizione morfologica dei versanti e dalla loro esposizione.

Più in dettaglio, l'area d'interesse è caratterizzata per la presenza in affioramento di una successione così costituita:

- **Serie calcareo - dolomitica mesozoica**

- calcilutiti e calcareniti da grigiastre a bianche, generalmente ben stratificate in strati e banchi e localmente dolomitizzate. Tali terreni affiorano a monte dell'area di stretto interesse del PUA 2 (Faglia di Meta). Genericamente questi terreni sono caratterizzati da una permeabilità elevata per fratturazione e carsismo.

- **Coperture recenti di prodotti detritici e vulcanici**

- l'alternanza di prodotti detritico/piroclastici, costituisce una coltre di copertura molto discontinua in corrispondenza dei versanti carbonatici, mentre nelle principali depressioni le favorevoli condizioni geomorfologiche hanno consentito accumuli più o meno continui. Conseguentemente lo spessore può risultare estremamente variabile dipendendo dalla paleomorfologia del bedrock carbonatico. Una breve caratterizzazione di tali terreni, non può comunque eludere dalla distinzione dei prodotti relativi alla più grande eruzione che ha interessato il distretto vulcanico campano, rappresentata dall'Ignimbrite Campana.

Questa costituisce una placca praticamente continua con uno spessore che sembra rastremarsi man mano che si procede verso sud. Il litotipo risulta mediamente permeabile per fessurazione.

Altri prodotti vulcanoclastici facilmente distinguibili sono relativi alle eruzioni storiche e preistoriche del Somma Vesuvio, quali soprattutto le pomici dell'eruzione vesuviana del 79 d.C..

Nel complesso, comunque, tali litotipi sono caratterizzati da una notevole eterogeneità granulometrica e giaciturale. Prevalentemente risultano sciolte o mal cementate, con stratificazione piano - parallela e/o stratoide e matrice cineritica prevalentemente alterata. Tali terreni piroclastici sciolti affiorano in tutta l'area di studio mentre la formazione tufacea affiora in corrispondenza delle pareti sub verticali a valle dell'area del PUA 2.

Per quanto riguarda invece le coperture detritiche, possiamo dire che si riconoscono brecce e conglomerati in falde stratoidi alla base dei versanti

carbonatici che vanno ad individuare veri e propri coni di deiezione allo sbocco dei principali valloni. Si tratta di elementi eterogenei ed estremamente eterometrici, per lo più a spigoli vivi, immersi in scarsa matrice sabbioso - limosa.

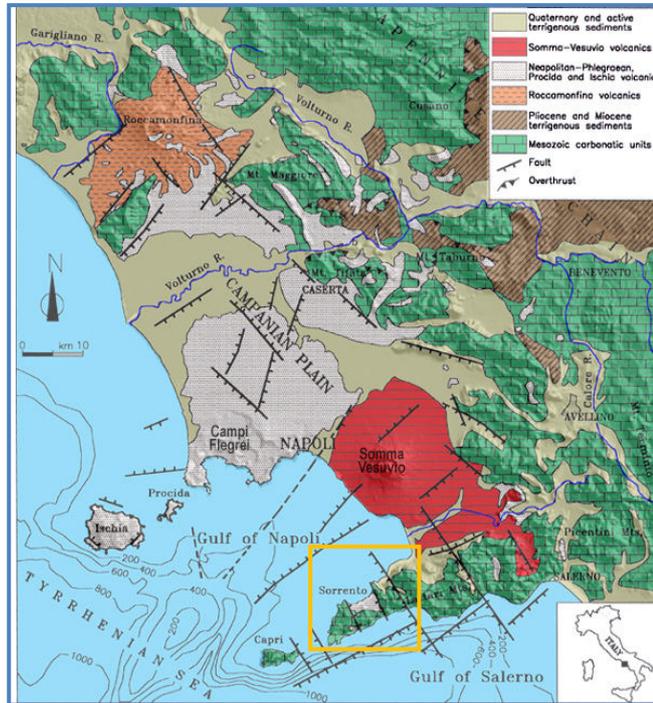


Fig. 1. Schema strutturale della Piana Campana e delle strutture bordiere.

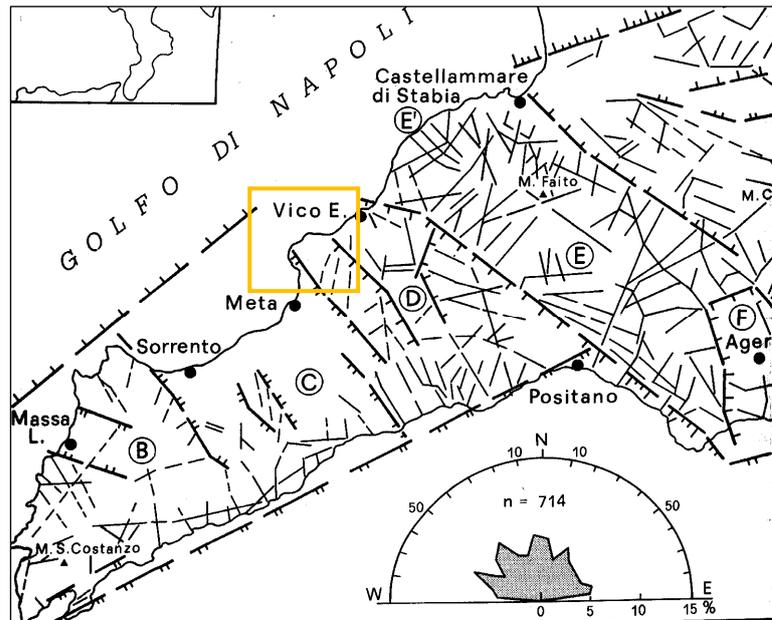


Fig. 2. Schema delle lineazioni strutturali della Penisola Sorrentina.

Dal punto di vista morfologico, le pendenze del territorio comunale sono condizionate dalla litologia dei materiali presenti. Infatti, ove si rileva la

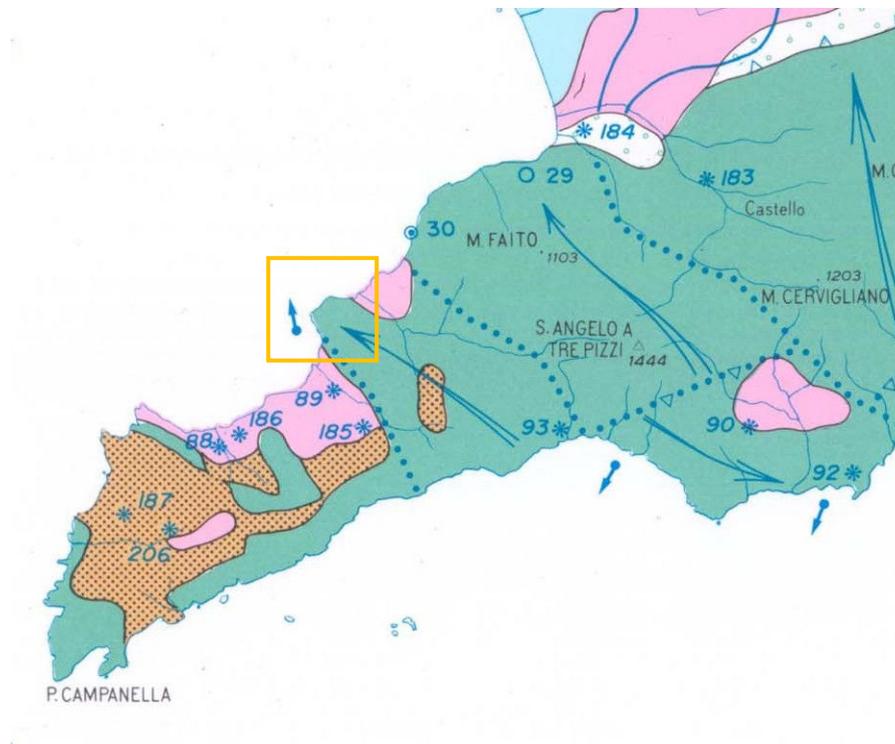
presenza dei calcari, la pendenza è generalmente elevata e i rilievi sono contraddistinti da forme aspre e accidentate e la continuità dei versanti di faglia è interrotta da valloni che con profonde incisioni (forre) la tagliano e ne isolano delle porzioni.

L'area centrale risulta caratterizzata da valori di acclività medio bassi e costituisce di fatto un pianoro inclinato verso ovest (Mar Tirreno).

Il tratto costiero, infine, risulta estremamente accidentato e contraddistinto dall'alternanza di profondi valloni e ripidi versanti con numerose scarpate verticali e da un'estesa falesia marina che talora raggiunge anche altezze superiori ai 100 metri.

La circolazione idrica sotterranea dei Monti Lattari (**Fig. 3**) è caratterizzata dalla presenza di una importante e produttiva falda basale che trova recapito in mare dando luogo a numerose sorgenti sottomarine.

Solo dove affiorano le arenarie e gli argilloscisti dell'Oligocene si ha la presenza di una falda più superficiale, la quale dà luogo a numerose sorgenti certamente meno produttive di quelle che attingono dai bacini idrogeologici calcarei.



Descrizione dei caratteri sismici e tettonici generali dell'area

Il territorio comunale di Meta (NA) risulta interessato dagli effetti macrosismici di terremoti appenninici soprattutto di origine tettonica e, in misura subordinata, da eventi di origine vulcanica con epicentro nei vicini distretti del Vesuvio e dei campi Flegrei. Quanto sopra, ben si coglie dai dati riportati in **Tabella 1**, relativi agli eventi più forti (in termini di Intensità macrosismica e Magnitudo) registrati negli ultimi 2000 anni, da cui è possibile rilevare come solo pochi eventi sono ascrivibili a sismi di origine vulcanica.

Anno	Mese	Giorno	Lat.	Long.	Iloc	Imax	M	Siti	Zona epicentrale
1694	9	8	40.87	15.4	7	10	6.8	251	Irpinia-Basilicata
1783	3	28	38.78	16.47	4	11	6.9	900	Calabria
1883	7	28	40.75	13.88	4.6	10	5.6	27	Casamicciola Terme
1456	12	5	41.3	14.72	7	11	7.1	218	Italia centro-meridionale
1857	12	16	40.35	15.85	7	11	7	338	Basilicata
1851	8	14	40.95	15.67	5	10	6.3	112	Basilicata
1887	12	3	39.57	16.22	3	9	5.5	142	Calabria settentrionale
1905	9	8	38.67	16.07	5	10.5	6.8	827	Calabria
1908	12	28	38.15	15.68	4.5	11	7.1	787	Calabria meridionale-Messina
1561	8	19	40.52	15.48	4.6	10	6.5	34	Vallo di Diano
1688	6	5	41.28	14.57	6	11	6.6	216	Sannio
1732	11	29	41.08	15.05	6.5	10.5	6.6	168	Irpinia
1805	7	26	41.5	14.47	6	10	6.6	223	Molise
1828	2	2	40.75	13.9	0	9	4.5	10	Casamicciola Terme
1853	4	9	40.82	15.22	6.5	9	5.9	47	Irpinia
1910	6	7	40.9	15.42	5.5	9	5.8	376	Irpinia-Basilicata
1915	1	13	41.98	13.65	3	11	7	860	Marsica
1930	7	23	41.05	15.37	7	10	6.7	511	Irpinia
1962	8	21	41.23	14.95	7	9	6.2	262	Irpinia
79	8	25	40.8	14.38	5	8	6.3	9	Area vesuviana
1982	3	21	40.00	15.77	4.5	7.5	5.5	126	Golfo di Policastro
1984	5	7	41.67	14.05	4.5	8	5.9	1255	Appennino abruzzese
1984	5	11	41.72	14.08	4	7	5.4	1255	Appennino abruzzese
1980	11	23	40.85	15.28	7	10	6.7	1395	Irpinia-Basilicata

Tabella 1: Catalogo dei terremoti più forti che hanno interessato il territorio comunale di Meta (NA) dall'anno 461 a.C. al 1990. LEGENDA: Iloc = intensità macrosismica locale (MCS); Imax = intensità massima dell'evento; M = magnitudo (Richter); Siti = numero di località interessate. (Dati INGV-Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia).

Eventi con magnitudo 4 – 5 ubicati a profondità fino a 35 km (**Fig. 4**), sono molto diffusi soprattutto lungo la catena appenninica; qui i trend di fratturazione

principali hanno direzione prevalente NW – SE. Non sono rari eventi con magnitudo > 6, quale quello del 23 novembre 1980 che è stato risentito nel territorio in studio con intensità locale non inferiore al VIII grado della scala MCS.

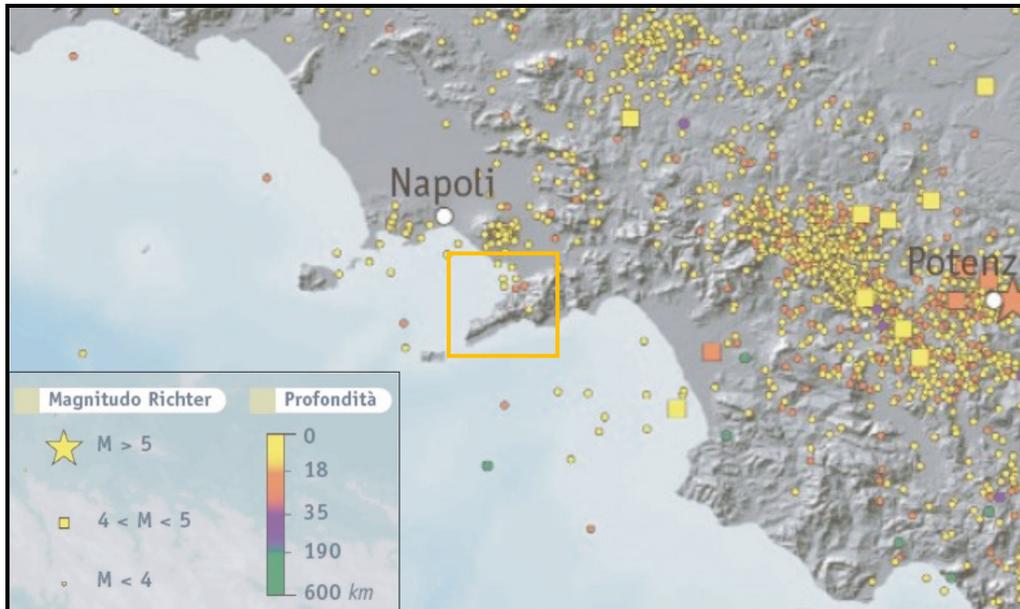


Figura 4: Ubicazione di tutti i terremoti registrati nell'area d'interesse negli ultimi 2000 anni (Dati INGV- Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia).

Individuazione della vincolistica geologica gravante sul sito

In base alla delibera di Giunta Regionale n° 5447 del 07.11.2002, il Comune di Meta (NA) è stato classificato in zona sismica 3 (**Fig. 5**).

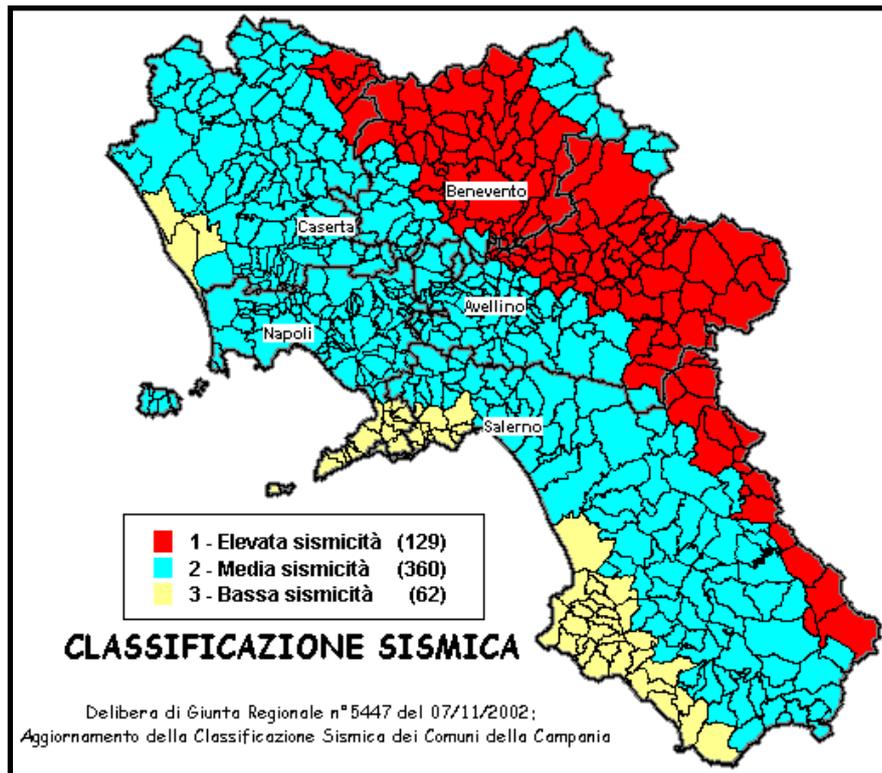


Figura 5: Classificazione sismica dei comuni della Campania.

Inoltre, la mappa del territorio nazionale per la pericolosità sismica (**Fig. 6**), disponibile on - line sul sito dell'INGV di Milano, redatta secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008), indica che il territorio comunale di Meta (NA) rientra nelle celle contraddistinte da valori di a_g di riferimento compresi tra 0.075 e 0.100 (punti della griglia riferiti a: parametro dello scuotimento a_g ; probabilità in 50 anni 10%; percentile 50).

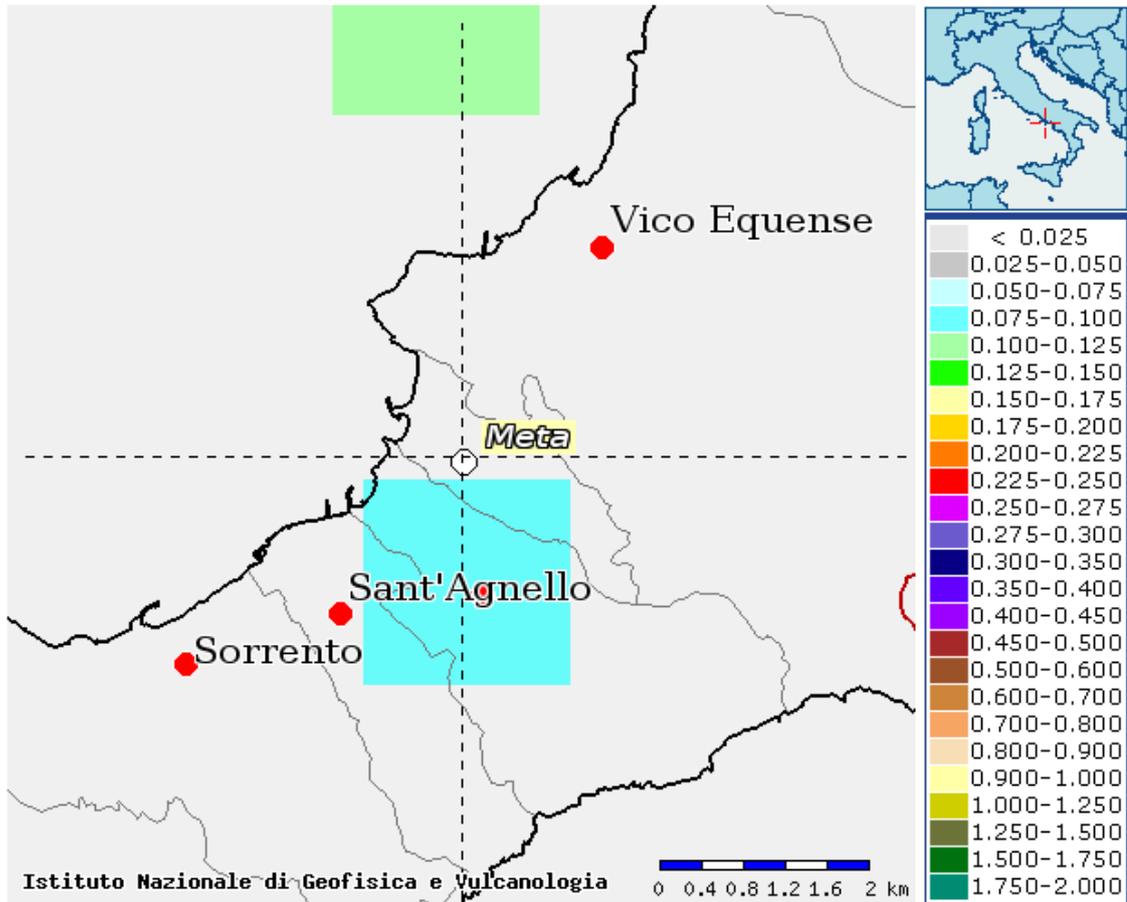


Fig. 6 – Mappa di pericolosità sismica redatta a cura dell'INGV di Milano secondo le Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008) - Punti della griglia riferiti a: parametro dello scuotimento a_g ; probabilità in 50 anni 10%; percentile 50.

Rischio idrogeologico

Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del Territorio redatto dall'ex Autorità di Bacino Sarno (Tavv. 466092 – 466131 – 466144), attuale Autorità di Bacino della Campania Centrale, l'Ente pianificatore in materia di difesa suolo che ha competenza sul Comune di Meta (NA), classifica l'area del progetto di P.U.A. 2 a Rischio Idraulico nullo (non è stata infatti individuata nessuna fascia fluviale significativa).

Le Cartografie della Pericolosità e del Rischio da dissesti di versante (Tavv. 06 e 07 allegate) permettono di evidenziare come l'area del P.U.A. 2 sia perimetrata in tutte le categorie di pericolosità/rischio definite dal PSAI vigente (Da P1 a P4 e da R1 ad R4). **Pertanto in fase esecutiva, per ogni singolo intervento a farsi, sarà necessario valutare preliminarmente la compatibilità geologica dello stesso tramite una relazione di compatibilità a firma di tecnico competente.**

4. INDAGINI IN SITU

Per la definizione delle caratteristiche geologiche, geotecniche e geofisiche dell'area investigata, è stata realizzata una campagna d'indagini geognostica e geofisica con l'esecuzione di:

- n° 3 sondaggi geognostici a carotaggio continuo spinti fino alla profondità di 30m dal p.c.;
- Prelievo di n. 3 campioni indisturbati, sottoposti a prove di laboratorio (analisi granulometrica, caratteristiche fisiche generali e taglio);
- n° 9 prove penetrometriche dinamiche del tipo S.P.T.;
- n° 3 prospezioni sismiche down – hole in foro di sondaggio;
- N° 3 prospezioni sismiche superficiali Masw.

Le perforazioni sono state realizzate dalla GEOTEC s.r.l., con sede in Napoli, in possesso di attestazione **SOA per le categorie: OS20-B II° classifica ed OS21 - I° classifica**.

Le analisi sui campioni di laboratorio, prelevati durante l'esecuzione dei sondaggi a cura della suddetta GEOTEC s.r.l., sono state eseguite dalla Isogea s.r.l., con sede a Scafati (SA), dotata di **Certificazione Ministeriale n. 0007474 del 27/07/2012 per l'esecuzione di prove sulle terre (settore A)**.

Le prospezioni sismiche in foro (down - hole) e superficiali (Masw) sono state eseguite dal dott. geologo Francesco Cuccurullo, con strumentazione di sua proprietà.

Sondaggi geognostici a carotaggio continuo

I sondaggi geognostici a carotaggio continuo, il prelievo dei campioni e le prove dinamiche del tipo S.P.T. sono stati eseguiti con una sonda cingolata a rotazione a testa idraulica C.M.V. 600, utilizzando un carotiere semplice $\phi = 101$ mm. con corona widia e tubi di rivestimento di diametro $\phi = 127$ mm.

L'avanzamento, nei terreni sciolti, è avvenuto a secco o con la minima quantità d'acqua necessaria alla perforazione, onde ottenere la più completa descrizione granulometrica degli stessi, mediante i seguenti accorgimenti:

- le manovre di estrazione dell'attrezzo di perforazione sono state eseguite con velocità molto bassa nel tratto iniziale per minimizzare "l'effetto pistone";
- la pulizia del fondo foro, prima di eseguire le prove S.P.T., è stata assicurata eseguendo manovre di pulizia con attrezzo a fori radiali.

Le attrezzature sono state corredate di tutti quegli accessori necessari per il corretto funzionamento.

Il sistema, le modalità di perforazione e di rivestimento sono stati tali da minimizzare il disturbo provocato nei terreni attraversati.

L'utensile di perforazione e le modalità d'impiego hanno garantito una percentuale di recupero pari a circa il 70%.

Le carote così estratte, sono state poi sistemate all'interno di apposite cassette catalogatrici (aventi dimensioni di 100x60x10cm, munite di scomparti divisorii e di coperchio) ed opportunamente numerate e classificate.

Su tali cassette, sono indicati in modo indelebile, il sondaggio e le quote di riferimento, nonché sugli scomparti interni le quote di riferimento di ciascuna manovra eseguita.

In base all'esame dei campioni di cui sopra, è stata compilata la stratigrafia dei sondaggi che comprende:

- spessore e profondità dal p.c. del tetto di ogni unità litostratigrafica;
- colore prevalente;
- composizione granulometrica approssimata, nei termini correnti (trovanti, ciottoli, ghiaia, sabbia, limo, argilla), indicando il diametro massimo della ghiaia ed elencando per prima la frazione prevalente e, di seguito, le eventuali altre frazioni secondo importanza percentuale;
- caratteristiche di addensamento (terreni non coesivi) nei termini usuali (sciolto, mediamente compatto, compatto);
- presenza di inclusi organici e non.

Le prove S.P.T. (Standard Penetration Test) sono state eseguite a punta aperta seguendo le metodologie previste dalle norme A.G.I. – Associazione Geotecnica Italiana (Giugno 1977) e A.S.T.M. - D1586-67(74); D1586-84.

La prova penetrometrica dinamica del tipo S.P.T. consiste nel rilevare il numero di colpi N di un maglio di 63,5 Kg cadente da un'altezza costante di 76 cm, necessari per infiggere nel terreno l'apposito attrezzo normalizzato (campionatore Raymond a punta aperta o chiusa in funzione dei litotipi individuati) per tre tratti successivi di 15 cm, e valutando la somma dei colpi N_{spt} relativi agli ultimi 30 cm.

Le prove penetrometriche dinamiche del tipo SPT sono utili, come è noto per una stima dell'angolo di attrito interno dei terreni (φ).

Sono stati eseguiti n° 3 sondaggi con il prelievo di n° 3 campioni indisturbati, eseguendo 9 prove S.P.T., secondo la seguente tabella:

Sondaggio	Profondità dal p.c. in metri	Prove SPT (N)	Prelievo Campioni
S1	30,00	3,00m - 3,45m (13,11,10)	C1: 4,00m - 4,50m
		6,00m - 6,45m (14,13,16)	
		9,00m - 9,45m (10,11,11)	
S2	30,00	3,00m - 3,45m (2,2,4)	C2: 5,50m - 6,00m
		9,00m - 9,45m (12,9,7)	
		13,00m - 13,45m (11,13,16)	
S3	30,00	3,00m - 3,45m (1,1,1)	C3: 8,50m - 9,00m
		12,00m - 12,45m (12,13,13)	
		15,00m - 15,45m (13,17,15)	

Tabella 2: Riepilogo dei sondaggi geognostici realizzati.

Prospezioni sismiche down - hole

Le prospezioni sono state eseguite mediante l'utilizzo di un sismografo M.A.E. A6000-S 24 bit 24 canali; la massa battente, che costituisce la sorgente energizzante, ha un peso di 10 kg mentre come trigger/starter è stato utilizzato un geofono verticale Geospace a 14 Hz posto nei pressi della sorgente alla distanza di 3 metri dal boccaforo.

Le oscillazioni del terreno sono state rilevate da una sonda geofonica tridimensionale (costituita da 3 geofoni Geospace a 4,5Hz ortogonali tra loro) calata all'interno del perforo a profondità via via decrescenti con intervalli di 2 metri.

I risultati delle prospezioni effettuate e la relativa ubicazione sono riportati in allegato.

Prospezioni sismiche MASW

L'analisi multicanale delle onde superficiali di Rayleigh MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una efficiente ed accreditata metodologia sismica per la determinazione delle velocità delle onde di taglio V_S .

Tale metodo utilizza le onde superficiali di Rayleigh registrate da una serie di geofoni 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, simili alla tecnica SASW, basate su un approccio di riconoscimento di modelli multistrato di terreno.

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)].

L'elevata dinamica (24 bit di risoluzione) unita alla notevole memoria per l'acquisizione, ne consente l'utilizzo per tecniche di indagine di tipo non convenzionale.

Tali indagini risultano particolarmente adatte in aree fortemente antropizzate (aree urbane e industriali) con notevole presenza di rumore di fondo (noise).

La sorgente sismica è costituita da un impatto transiente verticale (maglio dal peso di 10kg che batte su una piastra circolare in alluminio).

Come trigger/starter è stato utilizzato un geofono verticale Geospace a 14Hz, posto in prossimità della piastra.

I risultati delle prospezioni effettuate e la relativa ubicazione sono riportati in allegato.

Prove di laboratorio

Le prove di laboratorio rappresentano il metodo più diffuso per definire i parametri fisici e meccanici di un terreno.

La determinazione delle caratteristiche fisiche permette di classificare ogni tipo di terreno.

Le principali prove di riconoscimento delle proprietà fisiche dei terreni si possono dividere in due gruppi: nel primo troviamo le prove per la determinazione del contenuto d'acqua e del peso di volume, sia saturo (γ_{sat}) che secco (γ_{d}), nonché il peso specifico dei granuli (γ_{s}); nel secondo troviamo l'analisi granulometrica e i limiti di Atterberg.

L'analisi granulometrica permette di accertare le dimensioni delle particelle solide che costituiscono il campione e la percentuale delle varie frazioni rispetto alla quantità in esame; le frazioni sono ottenute facendo attraversare un campione di terreno, preventivamente lavato ed essiccato (analisi per via secca), una serie di setacci incolonnati uno sopra l'altro con dimensioni dei passanti progressivamente decrescenti dall'alto verso il basso.

Lo scuotimento della serie di setacci permette la classazione dei materiali nei diversi setacci.

Pesando le singole frazioni e dividendo ogni volta per il peso totale, si ottiene la quota di trattenuto di ogni singolo setaccio.

La prova di taglio diretto consiste nel sottoporre il campione di terreno, opportunamente preparato, a due forze poste su piani ortogonali tra loro, una verticale P , e l'altra di taglio orizzontale P_0 .

Tale prova si realizza su tre provini del campione, che sottoposti a sforzi normali, vengono portati a rottura tramite trazione.

I valori, opportunamente diagrammati, vengono utilizzati per ricavare i valori dell'angolo di attrito e della coesione.

Durante l'esecuzione delle terebrazioni a carotaggio continuo sono stati prelevati tre campioni indisturbati (vedi tabella 2).

I dati ottenuti dalle analisi dei campioni in laboratorio, sono riportati in allegato nei certificati rilasciati dalla ditta incaricata delle analisi.

5. MODELLO GEOLOGICO DEFINITIVO

CARATTERIZZAZIONE MORFOLOGICA LOCALE DEL SITO OGGETTO DI INTERVENTO

L'area d'interesse del P.U.A. 2 è ubicata quasi totalmente lungo la fascia sub - pianeggiante del pianoro tufaceo del centro di Meta, con quote topografiche comprese tra 110m e 50m s.l.m., pendenze comprese tra 2° e 10° ed un'immersione prevalente verso W - NW.

Una piccola porzione a SE del perimetro del P.U.A. 2 presenta valori di acclività più significativi che arrivano anche a 10°- 20° e che vanno ad interessare le prime propaggini della collina di Monte S. Angelo, che incombe con valori di acclività elevatissimi ad Est rispetto a tutta l'area di interesse.

È proprio la collina di Monte S. Angelo che determina una pericolosità idrogeologica indotta (Classi P4 – pericolosità molto elevata – P3 – pericolosità elevata - e P2 – pericolosità media) sulla fascia del comparto del P.U.A. 2 ad est di via Caracciolo, immediatamente alle falde dello stesso alto strutturale.

Difatti in tale fascia territoriale è molto elevata la pericolosità da crolli che possono avvenire nella compagine calcarea dolomitica che costituisce l'alto di Monte S. Angelo.

Dunque il rischio che grava sulle strutture presenti nelle aree campite in rosso ed arancione nelle Tavole 06 e 07 è rappresentato da un rischio indotto relativo alla possibilità che si verifichino crolli di blocchi di roccia calcarea.

Si ribadisce dunque l'importanza di una relazione preliminare di compatibilità idrogeologica per ogni singolo intervento a farsi nell'area del P.U.A. 2.

Inoltre, si sottolinea la necessità nei singoli interventi a farsi, di verificare la presenza di eventuali cavità sotterranee, anche se le indagini condotte per il presente studio non ne hanno evidenziato la presenza nelle aree indagate.

CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA LOCALE DEL SITO OGGETTO DI INTERVENTO

Le indagini geognostiche realizzate, confermando i dati bibliografici utilizzati, hanno permesso di caratterizzare nel dettaglio i livelli stratigrafici presenti.

Geologicamente l'area di interesse risulta fortemente caratterizzata dai prodotti relativi alla più grande eruzione che ha interessato il distretto vulcanico campano, rappresentati dall'Ignimbrite Campana (39.000 yrs. B.P.). Il Tufo Grigio Campano costituisce una placca continua con uno spessore che sembra rastremarsi man mano che si procede verso sud, risultando mediamente permeabile per fessurazione.

I litotipi incontrati durante le trivellazioni eseguite sono descritti in dettaglio nelle colonne stratigrafiche allegata al presente lavoro e sono riassunti nelle tre sezioni stratigrafiche della Tavola 08 allegata.

Nelle sezioni i litotipi incontrati sono stati accorpati in due complessi ben definiti.

- Al top si individua il livello individuato come complesso piroclastico alluvionale caratterizzato dalla presenza di livelli di natura piroclastica derivati dall'attività eruttiva del Vesuvio in epoca storica e preistorica (in particolare si riconoscono le pomice dell'eruzione del 79 d.C.). Tali depositi piroclastici risultano alquanto rimaneggiati da eventi alluvionali, con granulometrie variabili dal limo argillificato, alle sabbie ed infine alla ghiaia di pomice. Lo spessore dei materiali piroclastici alluvionali è variabile all'interno dell'area del P.U.A. 2. Gli spessori maggiori si individuano nella porzione morfologicamente più elevata (Sondaggio S1), lo stesso spessore si rastrema in direzione est - ovest (verso il Mar Tirreno).
- Alla base si individua il complesso tufaceo dell'Ignimbrite Campana. A tale complesso appartengono i depositi legati alla grande eruzione che determinò 39.000 anni fa, la messa in posto di depositi piroclastici noti in letteratura come Ignimbrite Campana o Tufo Grigio. Si tratta di una successione costituita da ceneri e sabbie piroclastiche ricche in scorie laviche, addensate e saldate, spesso caratterizzate da un elevato grado di addensamento che le conferiscono aspetto litoide e tipica fratturazione colonnare. Fenomeni di alterazione possono localmente rendere le caratteristiche tecniche della compagine piuttosto scadenti. La relativa facilità di estrazione e lavorabilità unite alle buone proprietà meccaniche, hanno fatto sì che l'Ignimbrite Campana sia stata da sempre utilizzata come materiale da costruzione. Le modalità di

estrazione spesso attraverso cunicoli che si addentravano nella compagine rocciosa in maniera del tutto irregolare, pongono l'accento sulla possibilità di rinvenimento di cavità e vuoti che possono compromettere fortemente la stabilità di strutture e più in generale dei terreni sovrastanti.

CARATTERIZZAZIONE IDROGEOLOGICA LOCALE DEL SITO OGGETTO DI INTERVENTO

Dal punto di vista idrogeologico occorre considerare che la varietà dei litotipi presenti determina l'individuazione di unità idrogeologiche caratterizzate per grado e tipo di permeabilità, in ragione delle differenti caratteristiche litotecniche, che influenzano in modo vario la dinamica delle acque sotterranee.

In particolare i terreni che costituiscono la placca tufacea, più o meno fratturata, sono caratterizzati da un grado di permeabilità generalmente basso.

I terreni piroclastici invece, sono dotati di un grado di permeabilità medio - bassa e determinano infiltrazioni difformi a causa della disomogeneità delle loro caratteristiche e della loro geometria che generalmente costituisce dei corpi ad andamento lenticolare.

Tali depositi sono sede di una falda superficiale, di scarso interesse, alimentata essenzialmente dalle acque d'infiltrazione superficiale e generatasi per interconnessione di una serie di livelli acquiferi di limitata estensione.

Durante le indagini effettuate non è stato individuato nessun livello acquifero.

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E SISMICA DEL SITO

Le prove S.P.T. effettuate in foro hanno permesso di determinare le caratteristiche geomeccaniche dei terreni di sedime dell'area interessata dal progetto di P.U.A. 2.

L'elaborazione delle suddette prove, effettuate a punta aperta, ha permesso di ricavare i parametri geomeccanici essenziali ai fini della caratterizzazione dei terreni indagati.

L'elaborazione è stata effettuata mediante un programma di calcolo automatico, Dynamic Probing, della GeoStru Software.

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con S.P.T.) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini 1983 - Meyerhof 1956 - Desai 1968 - Borowczyk-Frankowsky 1981.

Esso, permette inoltre, di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione delle prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

L'elaborazione effettuata ha condotto ai seguenti risultati:

Sondaggio S1

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	21	3.45	21	Gibbs & Holtz 1957	94.06
Strato 2	29	6.45	29	Gibbs & Holtz 1957	86.41
Strato 3	22	9.45	22	Gibbs & Holtz 1957	64.43

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	21	3.45	21	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	32.75
Strato 2	29	6.45	29	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	35.86
Strato 3	22	9.45	22	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	33.17

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
SPT 1	21	3.45	21	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENT E ADDENSATO
SPT 2	29	6.45	29	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENT E ADDENSATO
SPT 3	22	9.45	22	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENT E ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m ³)
Strato 1	21	3.45	21	Meyerhof ed altri	2.01
Strato 2	29	6.45	29	Meyerhof ed altri	2.13
Strato 3	22	9.45	22	Meyerhof ed altri	2.03

Sondaggio S2

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	6	3.45	6	Gibbs & Holtz 1957	52.16
Strato 2	16	9.45	16	Gibbs & Holtz 1957	62.3
Strato 3	29	13.45	29	Gibbs & Holtz 1957	67.38

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	6	3.45	6	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	24.49
Strato 2	16	9.45	16	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	30.49
Strato 3	29	13.45	29	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	35.86

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	6	3.45	6	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
Strato 2	16	9.45	16	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTO E ADDENSATO
Strato 3	29	13.45	29	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTO E ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m ³)
Strato 1	6	3.45	6	Meyerhof ed altri	1.58
Strato 2	16	9.45	16	Meyerhof ed altri	1.91
Strato 3	29	13.45	29	Meyerhof ed altri	2.13

Sondaggio S3

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	2	3.45	2	Gibbs & Holtz 1957	30.61
Strato 2	26	12.45	26	Gibbs & Holtz 1957	73.48
Strato 3	32	15.45	32	Gibbs & Holtz 1957	64.55

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	2	3.45	2	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	20.48
Strato 2	26	12.45	26	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	34.75
Strato 3	32	15.45	32	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	36.91

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
--	------	------------------	----------------------------------	--------------	---------------------

Strato 1	2	3.45	2	Classificazione A.G.I. 1977	SCIOLTO
Strato 2	26	12.45	26	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENT E ADDENSATO
Strato 3	32	15.45	32	Classificazione A.G.I. 1977	ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m ³)
Strato 1	2	3.45	2	Meyerhof ed altri	1.40
Strato 2	26	12.45	26	Meyerhof ed altri	2.09
Strato 3	32	15.45	32	Meyerhof ed altri	2.15

Insieme alle prove S.P.T., come ricordato in precedenza, è stato prelevato a quote diverse per ogni sondaggio eseguito, n° 1 campione indisturbato da sottoporre a prove di laboratorio.

Di seguito si riepilogano i dati relativi alle prove di laboratorio effettuate.

Campione Indisturbato	Profondità di prelievo (m)	Principali parametri geotecnici
S1C1	4,00 – 4,50	Peso unità di volume γ (gr/cm³): 1,78
		Peso unità di volume secco γ_d (gr/cm³): 1,45
		Porosità η (%): 45
		Grado di saturazione S_r (%): 74,9
		Coesione c' (KPa): 0,2 kPa
		Angolo di attrito ϕ (°): 32,3
		Granulometria: Sabbia con limo e ghiaia
S2C2	5,50 – 6,00	Peso unità di volume γ (gr/cm³): 1,30
		Peso unità di volume secco γ_d (gr/cm³): 1,00
		Porosità η (%): 60,7
		Grado di saturazione S_r (%): 55,3
		Coesione c' (KPa): 0,8 kPa
		Angolo di attrito ϕ (°): 32,4
		Granulometria: Sabbia con limo, ghiaiosa
S3C3	8,50 – 9,00	Peso unità di volume γ (gr/cm³): 11,4
		Peso unità di volume secco γ_d (gr/cm³): 9,8
		Porosità η (%): 63
		Grado di saturazione S_r (%): 26,9
		Coesione c' (KPa): 1,9 kPa
		Angolo di attrito ϕ (°): 32,1
		Granulometria: Limo con sabbia debolmente ghiaioso

Tabella 3: Riepilogo dati prova di laboratorio.

I risultati delle prove geotecniche eseguite durante l'esecuzione dei carotaggi, hanno permesso di evidenziare una sostanziale continuità dei parametri geotecnici con la profondità nel sondaggio S1, con valori degli stessi essenzialmente discreti lungo tutta la verticale.

I sondaggi S2 ed S3 sono invece caratterizzati dalla presenza di terreni alquanto scadenti nei primi metri della successione (S.P.T. a 3m) che migliorano con la profondità.

Il miglioramento delle caratteristiche dei terreni con un aumento graduale della profondità, caratterizza anche le prove geofisiche eseguite.

Le sismostratigrafie riportate nelle relazioni allegate risultano infatti correttamente correlabili con le litostratigrafie.

Le sei prove sismiche hanno permesso di classificare il territorio inserito nel P.U.A. 2 in categoria **C** del D.M. 2008.

Categoria di suolo di fondazione C = *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con spessori superiori a 30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{S30} compresi tra 180m/s e 360m/s (ovvero $15 < N_{SPT.30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u30} < 250kPa$ nei terreni a grana fina).

I coefficienti di incremento sismico di riferimento per l'area di interesse, valutati al centro dell'area di studio per uno stato limite SLV – Tempo di ritorno pari a 475 anni sono:

- $S_s = 1.50$.
- $C_c = 1.42$.

Le stesse indagini hanno permesso di definire una sostanziale omogeneità delle caratteristiche sismiche di situ su tutta l'area; difatti si riscontra una variazione massima del valore di V_{S30} , calcolato pari a 40m/s, passando da un minimo di 294m/s calcolato nella DH-S3 effettuata a via S. Lucia in prossimità della Chiesa della SS. Annunziata, ad un massimo di 335m/s calcolato nella Masw n.1 eseguita lungo via Caracciolo.

Prospezione sismica	$V_{S\ 0-30}$ (m/s)
MASW n. 1	[334 ÷ 335]
MASW n. 2	[295 ÷ 296]
MASW n. 3	[323 ÷ 324]
DH-S1	[298]
DH-S2	[314]
DH-S3	[294]

Tabella 4 – Riepilogo dei valori di V_{S30} calcolati.

La Carta della Zonazione Sismica (Tav. 05 allegata) fornisce un esaustivo riepilogo di tali considerazioni.

Topograficamente l'area risulta inserita nella categoria T1, e pertanto non sussiste la possibilità di amplificazioni topografiche ($St = 1.00$).

Categoria topografica T1 = Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$.

Il sito risulta inoltre stabile nei confronti della liquefazione in quanto la falda acquifera si individua a profondità significativa (la stessa presenta una quota assoluta pari al livello medio marino).

E' importante ribadire che tali elaborati sono finalizzati ad una programmazione territoriale di carattere generale (P.U.A.) e che sarà invece necessario procedere ad una specifica caratterizzazione sismica locale, in funzione delle specificità dell'opera da realizzare e sulla base di indagini geognostiche e geofisiche di sito.

6. CONCLUSIONI

La presente relazione si riferisce alle risultanze di uno studio sulle caratteristiche geologico – geotecniche dei terreni interessati dal nuovo Piano Urbanistico Attuativo N° 2 che l'Amministrazione Comunale di Meta, giusta Determina Dirigenziale n. 118 del 22.03.2013, ha commissionato allo scrivente.

Sulla scorta di quanto riferito nei paragrafi precedenti può concludersi che, in generale, le aree del territorio in esame soddisfano i requisiti richiesti dalla legislazione vigente in ordine alle caratteristiche geologiche, geomorfologiche e sismiche connesse alla fattibilità di eventuali interventi a farsi.

In linea di principio, infatti, sulla scorta di tutte le indagini effettuate, non si intravedono particolari problemi ostativi a futuri interventi, tranne che nelle aree perimetrate a rischio idrogeologico elevato e molto elevato, dove dovranno essere effettuati studi di compatibilità specifici.

Si ricorda inoltre che nuovi interventi in materia di costruzioni e riparazioni in zone sismiche devono essere valutati singolarmente in quanto il presente lavoro deve essere assimilato ad uno studio di fattibilità geologico-geomorfologico di opere su grandi aree, pertanto qualora si dovesse procedere a qualsiasi programma di tipo edificatorio si dovrà ovviamente provvedere, così come d'altronde espressamente prescritto dalla normativa vigente, ad effettuare, al momento opportuno, indagini geognostiche, geotecniche e sismiche ancora più dettagliate e correlate con le caratteristiche delle opere di progetto.

Alla presente relazione si allegano:

- Tav. GEO.01 - Carta Geolitologica – scala 1:2000;
- Tav. GEO.02 – Carta Geomorfologica – scala 1:2000;
- Tav. GEO.03 – Carta Idrogeologica – scala 1:2000;
- Tav. GEO.04 – Carta con ubicazione delle indagini – scala 1:2000;
- Tav. GEO.05 – Carta della Zonazione Sismica – scala 1:2000;
- Tav. GEO.06 – Carta della Pericolosità da Frana – scala 1:2000;
- Tav. GEO.07 – Carta del Rischio da Frana – scala 1:2000;
- Tav. GEO.08 – Sezioni Geologiche – scala grafica;

- Stratigrafie dei sondaggi geognostici;
- Risultati delle prove di laboratorio;
- Relazione sulle prospezioni simiche Down-hole;
- Relazione sulle prospezioni sismiche Masw;

Pompei, Luglio 2013

Il Tecnico Incaricato

Dott. Geol. Salvatore Esposito