

# STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA

del Geologo Massimo Grieco  
Uff.: Via V. Gioberti, 17/19  
71042 - CERIGNOLA  
Cell.: 3317691768  
E-mail: mxgrieco@libero.it  
PEC: massimo.grieco@epap.sicurezzapostale.it  
C.F.: GRCMSM70T04C514I  
P.IVA.: 03021750710

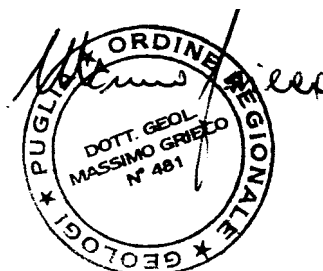
## COMUNE DI CERIGNOLA (FG)

### RELAZIONE GEOLOGICA PRELIMINARE

**OGGETTO:** RELAZIONE GEOLOGICA PRELIMINARE DEL SITO DI UBICAZIONE DEL  
LICEO CLASSICO ZINGARELLI, UBICATO A CERIGNOLA IN VIA TIRO A  
SEGNO

**COMMITTENTE**  
PROVINCIA DI FOGGIA

**IL GEOLOGO**  
dott. Massimo Grieco



Cerignola, febbraio 2022

## INDICE

1. PREMESSA.....	2
2. UBICAZIONE DELL'AREA .....	3
3. ESAME DEI VINCOLI DI TIPO GEOLOGICO ED IDRAULICO .....	5
3.1 COMPATIBILITA' CON IL P.A.I.....	5
4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE .....	7
4.1 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE .....	7
4.2 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE.....	7
4.3 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE.....	10
5. INDAGINI PER LA CARATTERIZZAZIONE DEL SITO .....	12
6. MODELLAZIONE E ANALISI GEOLOGICA.....	13
6.1 ANALISI GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA DI DETTAGLIO .....	13
6.2 CARATTERI IDROGRAFICI ED IDROGEOLOGICI .....	13
6.3 MODELLO GEOLOGICO DEL SOTTOSUOLO .....	15
7. PERICOLOSITÀ GEOLOGICA.....	15
7.1 SUBSIDENZA.....	15
7.2 CARATTERI SISMICI.....	16
7.3 MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO .....	18
7.4 STIMA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DEL SITO .....	19
7.5 VERIFICA DEI FENOMENI DI LIQUEFAZIONE .....	22
7.6 PRESENZA DI FAGLIE SISMOGENETICHE ATTIVE.....	22
8. CONCLUSIONI.....	23

## **1. PREMESSA**

Per conto dell'Amministrazione provinciale di Foggia è stata redatta la presente relazione geologica preliminare del sito di ubicazione del Liceo Classico Zingarelli, ubicato a Cerignola in Via Tiro a segno.

In base alla normativa di settore (D.P.R. 5 ottobre 2010, n. 207 – Regolamento di esecuzione ed attuazione del D. Lgs 12 aprile 2006 n. 163 “ Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture) il progetto preliminare dal punto di vista geologico-geotecnico deve contenere gli studi necessari per un’adeguata conoscenza del contesto in cui è inserita l’opera, corredati da dati bibliografici, accertamenti ed indagini preliminari, relazioni ed elaborati grafici, atti a pervenire ad una completa caratterizzazione del territorio ed in particolare delle aree impegnate (art. 17).

Tra gli elaborati progettuali della progettazione preliminare devono essere presenti la relazione geologica e geotecnica (relazioni specialistiche) dove, oltre ad essere riportati l'esito delle indagini geologiche e geotecniche di prima approssimazione (Art. 18), si devono trattare gli argomenti relativi alla geologia, alla geotecnica ed alla sismica (Art. 19) da approfondire nella successiva fase della progettazione definitiva/esecutiva (artt. 26-28-35).

Lo studio, finalizzato alla ricostruzione del modello geologico preliminare del sottosuolo è redatto in ottemperanza al D.M. 17 gennaio 2018 (Norme Tecniche sulle costruzioni) - e alla Circolare 2 febbraio 2009 n° 617 del C.S.LL.PP, in modo da riconoscere e descrivere, il più oggettivamente possibile, le criticità ed i pericoli di natura geologica eventualmente presenti nell'area da approfondire nelle successive fasi di progettazione definitiva/esecutiva.

## 2. UBICAZIONE DELL'AREA

L'area oggetto di studio è ubicata alla periferia orientale del centro abitato di Cerignola, in Via Tiro a segno. Dal punto di vista cartografico la zona ricade nella Tavoletta IGM 175 I – NE “Cerignola” in scala 1:25.000 (Fig.1) e nell'elemento 422123 della Carta Tecnica Regionale (Fig.2).

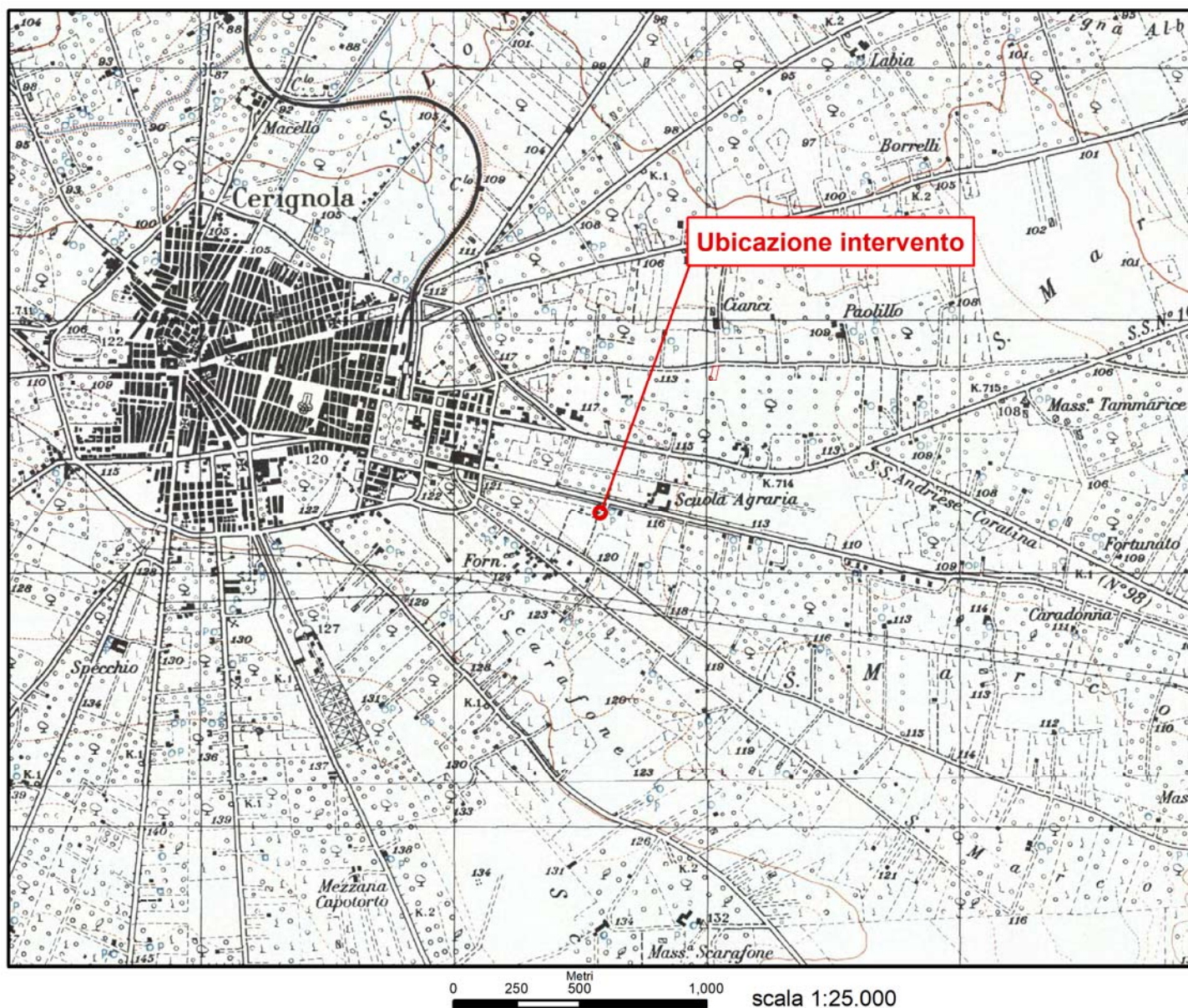
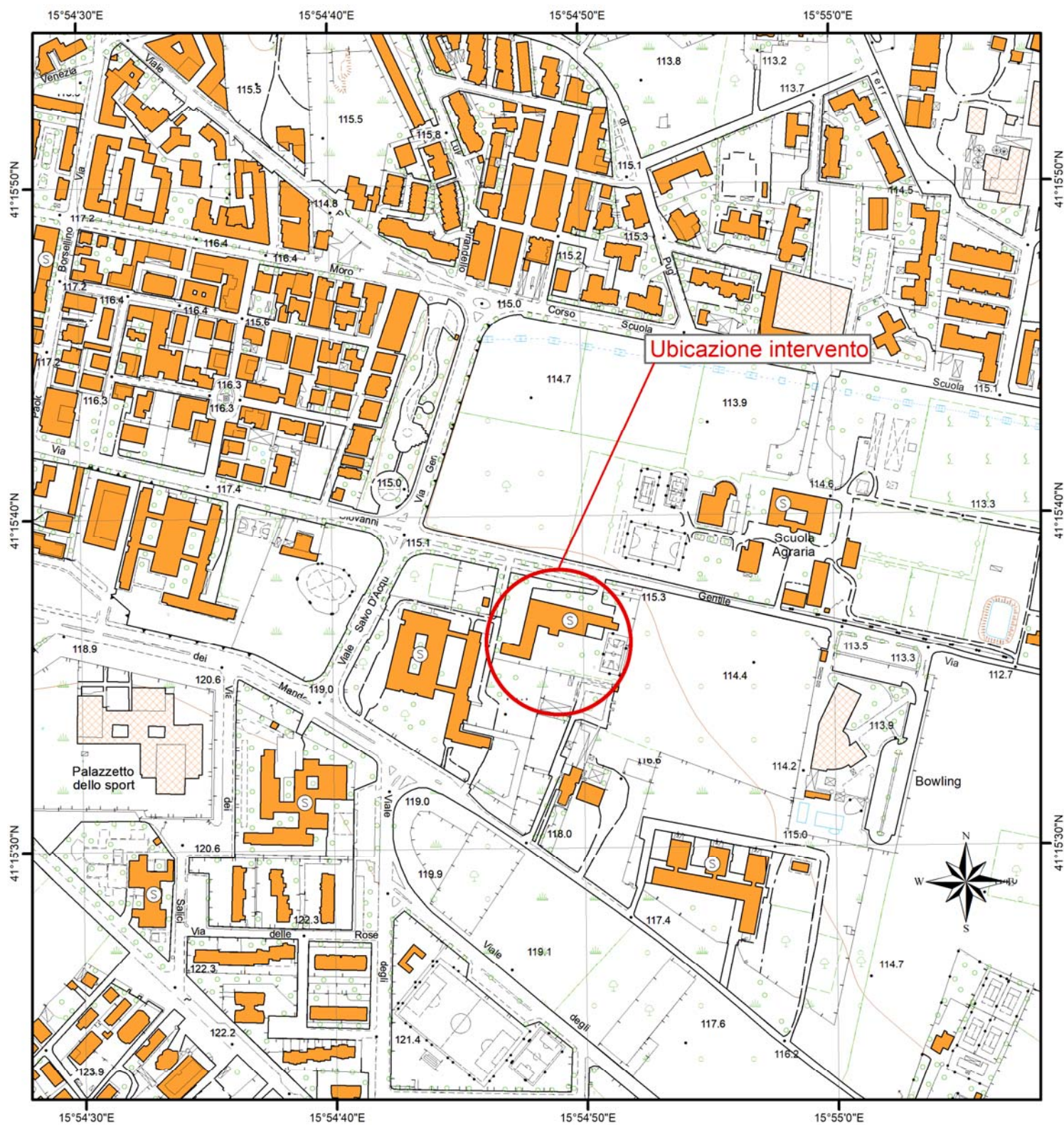


Fig.1 – Stralcio Tavoletta IGM 175 I – NE “Cerignola” - scala 1:25.000



Oggetto: relazione geologica preliminare del sito di ubicazione del Liceo Classico Zingarelli, ubicato a Cerignola in Via Tiro a segno



0 62.5 125 250  
Metri  
scala 1:5.000

Fig. 2 – stralcio C.T.R.  
elemento 422123



### **3. ESAME DEI VINCOLI DI TIPO GEOLOGICO ED IDRAULICO**

#### **3.1 COMPATIBILITA' CON IL P.A.I.**

Per quanto attiene all'interazione dell'opera con gli strumenti di tutela e di pianificazione territoriale, nell'area è vigente il Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.), approvato con delibera della Giunta regionale della Puglia n. 39 del 30/11/2005, poi aggiornato, in ultimo, con Delibere del Comitato Istituzionale del 23 Settembre 2010. Il Piano, che ha la funzione di eliminare, mitigare o prevenire i maggiori rischi derivanti da fenomeni calamitosi di natura geomorfologica (dissesti gravitativi dei versanti) o di natura idraulica (esondazioni dei corsi d'acqua), individua e perimetra sulla cartografia in scala 1:25.000 le seguenti tipologie d'aree a cui corrisponde una specifica classificazione del rischio e la relativa normativa di riferimento.

##### AREE A PERICOLOSITA' DA FRANA

- PG3: aree a pericolosità da frana molto elevata
- PG2: aree a pericolosità da frana elevata
- PG1: aree a pericolosità da frana medie e moderata

##### AREE A PERICOLOSITA' IDRAULICA

- A.P.: aree ad elevata probabilità di inondazione
- M.P.: aree a moderata probabilità di inondazione
- B.P.: aree a bassa probabilità di inondazione

##### AREE A RISCHIO

- R4: aree a rischio molto elevato
- R3: aree a rischio elevato
- R2: aree a rischio medio
- R1: aree a rischio moderato

Dall'analisi della cartografia tecnica relativa alla perimetrazione P.A.I. redatta dall'Autorità di Bacino della Regione Puglia, si evince quanto segue:

- l'area oggetto di studio non ricade in alcuna zona a "pericolosità geomorfologica ed idraulica", così come definito dal PAI della Regione Puglia;
- l'area oggetto di studio non ricade in alcuna zona indicata come "classe di rischio" così come definito dal PAI della Regione Puglia;
- per quanto concerne il reticolo idrografico, l'area di che trattasi non ricade in zone golenali o di alveo in modellamento attivo, (artt. 6 e 10 NTA del PAI) in quanto è ubicata ad una distanza maggiore di 150 m dal reticolo idrografico.

Non si rilevano pertanto motivi ostativi in materia di rischio idrogeologico.





### Pericolosità e Rischio

#### **Peric. Geomorf.**

- media e moderata (PG1)
- elevata (PG3)

#### **Peric. Idraulica**

- bassa (BP)
- alta (AP)

Ubicazione intervento

elevata (PG2)

media (MP)

### Cartografia di base

**Fig. 3 – stralcio P.A.I.**



#### 4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE

Dal punto di vista geologico il sito s'inserisce nel settore meridionale del medio-basso Tavoliere di Puglia, le cui caratteristiche geologiche, morfologiche e idrogeologiche generali vengono sintetizzate nei paragrafi che seguono.

##### 4.1 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

La pianura del Tavoliere, certamente la più vasta del Mezzogiorno, è la seconda pianura per estensione nell'Italia peninsulare dopo la pianura padana. Essa si estende tra i Monti Dauni a ovest, il promontorio del Gargano e il mare Adriatico a est, il fiume Fortore a nord e il fiume Ofanto a sud. Questa pianura ha avuto origine da un originario fondale marino, gradualmente colmato da sedimenti sabbiosi e argillosi pliocenici e quaternari, successivamente emerso. Attualmente si configura come l'involuppo di numerose piane alluvionali variamente estese e articolate in ripiani terrazzati digradanti verso il mare debolmente inclinati, separati fra loro da scarpate più o meno elevate orientate subparallelamente alla linea di costa attuale. La continuità di ripiani e scarpate è interrotta da ampie incisioni con fianchi ripidi e terrazzati percorse da corsi d'acqua di origine appenninica che confluiscono in estese piane alluvionali che per coalescenza danno origine, in prossimità della costa, a vaste aree paludose, solo di recente bonificate.

Procedendo verso il mare questo tratto del Tavoliere è contraddistinto da una serie di otto ripiani disposti a quote differenti e comprese tra 350.0 m e 5.0 m s.l.m.m. Ogni ripiano è bordato da una scarpata che pur se di modesto dislivello può essere seguito con continuità su fronti estesi. I terreni che costituiscono questa "piana" sono costituiti da ghiaie, sabbie ed argille di origine alluvionale sovrapposti a sedimenti clastici in facies neritica. Altra caratteristica di questa porzione territoriale è data dal reticolo idrografico costituito da corsi d'acqua generati sulla stessa piana e che scorrono secondo una direzione ortogonale alla linea di costa fino all'altezza di Cerignola, dove subiscono una rotazione verso Nord legata con tutta probabilità a recenti fasi di sollevamento differenziato.

##### 4.2 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE

In riferimento alla nuova Carta Geologica d'Italia F.422 "Cerignola" in scala 1:50.000 (Fig.4), nell'area di intervento si distinguono le seguenti formazioni procedendo dall'alto verso il basso:



a) Sintema di Cerignola – Sabbie di Torre Quarto (STQ)

L'unità è costituita da "sabbie medie e fini di colore giallo ocra a luoghi ben cementate in strati di spessore variabile da pochi centimetri a 50 centimetri con intercalazioni di livelli centimetrici e decimetrici di argille e silt di colore giallastro a luoghi marnose". Tali sedimenti contengono localmente, nella parte più superficiale, una crosta evaporitica di natura calcarea, la cui genesi sarebbe riconducibile al clima fortemente arido e alla risalita capillare. Lo spessore massimo è di 55 m, mentre l'età è riferibile al Pleistocene medio.

b) Sabbie di Monte Marano - (SMM)

Da un punto di vista litologico la formazione è costituita da sabbie gialle e giallo ocra medio fini per nulla o poco cementate, con intercalazioni di sabbie più grossolane in tratti poco potenti e con sottili intercalazioni argillose. Soltanto verso l'alto queste sabbie assumono un determinato grado di cementazione presentando anche una stratificazione più marcata e passaggi ad arenarie tenere.

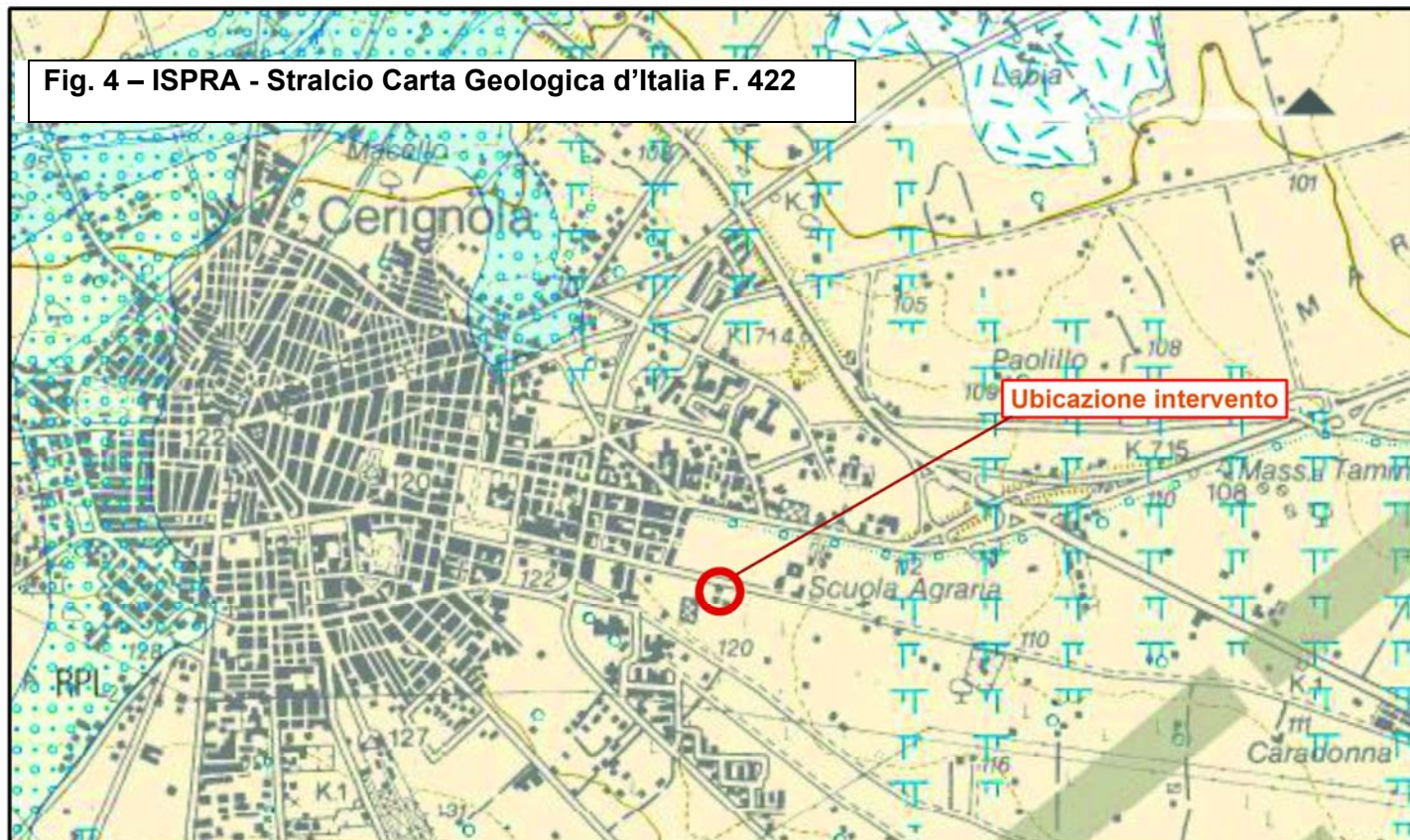
Le Sabbie di Monte Marano presentano spessori variabili man mano che ci si sposta da ovest verso est; sono permeabili in quanto porose e pertanto consentono un rapido assorbimento delle acque meteoriche. L'età è riferibile al Pleistocene.

c) Argille subappennine - (ASP)

Le sabbie di Monte Marano poggiano sulle "Argille subappennine". Si tratta di argille e argille marnose grigio-azzurre con intercalazioni sabbiose. Lo spessore massimo della formazione supera i 1000 m mentre l'età è riferibile al Pliocene superiore. I termini fin qui descritti poggiano su depositi calcarenitici e calcari della Piattaforma carbonatica Apula.

Il basamento calcareo dolomitico del mesozoico, che costituisce l'ossatura fondamentale del Tavoliere, ha prevalentemente una struttura a Horst e Graben, originata da un sistema di faglie appenniniche, parallele alla faglia marginale del Gargano. In senso trasversale a detta direttrice, all'incirca parallela al corso del fiume Ofanto, un notevole sprofondamento da faglie, individuato in direzione Trinitapoli-Melfi, contribuisce alla formazione di un ampio gradino fra le ultime propaggini nord-occidentali delle Murge e il basamento mesozoico del Tavoliere. In base a quanto precedentemente esposto, le Argille subappennine si rinvencono nel Tavoliere fino ad una profondità variabile da 300 a 1.000 m sotto il piano campagna.

**Fig. 4 – ISPRA - Stralcio Carta Geologica d'Italia F. 422**



### Legenda



#### Coltre eluvio-colluviale

Depositi costituiti da sedimenti fini massivi e clasti eterometrici localmente stratificati di colore marroncino a luoghi tendenti al rossastro, derivanti dal ruscellamento superficiale di acque non incanalate e da alterazione in posto di sedimenti sabbiosi e conglomeratici. Lo spessore varia da pochi metri a 5-6 m in funzione della morfologia del substrato. **OLOCENE**



#### Depositi Palustri

Depositi argillosi-sabbiosi di colore bruno nerastro con abbondante frazione organica nei livelli pelitici; raramente si rinvencono livelli costituiti da ciottoli di piccole dimensioni subarrotondati. Lo spessore varia da pochi metri fino a 7-8 metri. **OLOCENE**



#### SUBSISTEMA DELLE MARANE LA PIDOCCHIOSA - CASTELLO

Depositi ghiaioso sabbioso-limosi. A sud prevalgono facies ghiaiose, mentre a Nord, prevalgono le facies sabbioso-limose. Sono sopraelevati di pochi metri rispetto all'alveo attuale in aree inondabili. Lo spessore massimo è di 25-30 metri. **OLOCENE**



#### SUBSISTEMA DI MASSERIA TORRICELLI

Depositi sabbioso-limosi con rari livelli ghiaiosi e argilloso-limosi; i ciottoli sono di piccole e medie dimensioni ben arrotondati. Lo spessore è di circa 10 metri. **PLEISTOCENE SUPERIORE-OLOCENE**



#### SUBSISTEMA DELL'INCORONATA

Depositi sabbiosi con intercalazioni di livelli argillosi-limosi e ghiaiosi; questi ultimi normalmente alla base; i ciottoli sono di piccole e medie dimensioni ben arrotondati. Lo spessore è di 5-6 metri. **PLEISTOCENE SUPERIORE-OLOCENE**



#### SISTEMA DI CERIGNOLA - SABBIE DI TORRE QUARTO

Sabbie medie e fini di colore giallo ocra a luoghi generalmente poco cementate in strati di spessore variabile da pochi centimetri a 50 centimetri con intercalazioni di livelli centimetrici e decimetrici di arenarie, argille e silt di colore giallastro a luoghi marnose; lo spessore massimo è di 55 m. **PLEISTOCENE MEDIO**



#### CONGLOMERATI DI ORDONA

Conglomerati clasto sostenuti e matrice-sostenti massivi a stratificazione orizzontale ed obliqua, caratterizzati da frequenti lenti sabbiose a stratificazione piano parallela o incrociata. Lo spessore massimo è di circa 20 metri. **PLEISTOCENE MEDIO**

### Sovrasseggni tessiturali



Argilla



Sabbia e ghiaia



Argilla e ghiaia



Sabbia



Sabbia e limo



Limo e ghiaia



Stratificazione orizzontale



Contatto stratigrafico



Faglia diretta sepolta



Cava riempita



Calcrete

dott. geol. Massimo Grieco

Via V. Gioberti, 17/19 – Cerignola (FG)



#### 4.3 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

In relazione alle caratteristiche stratigrafico-strutturali dell'area e in funzione della profondità, si identificano tre unità acquifere principali [Maggiore et alii, 1996]:

Dall'alto verso il basso si distinguono:

- Acquifero poroso superficiale, la cui falda ha sede nei livelli sabbioso–ghiaiosi dei depositi marini e alluvionali del Pleistocene sup.– Olocene.
- Acquifero poroso profondo, situato in corrispondenza delle lenti sabbiose intercalate alle argille plio-pleistoceniche.
- Acquifero fessurato–carsico profondo, situato in corrispondenza del substrato carbonatico pre–pliocenico.

##### Acquifero poroso superficiale

Si viene a formare nella porzione più superficiale del sottosuolo negli estesi depositi marini e alluvionali quaternari, che ricoprono con continuità le argille grigio-azzurre plio-pleistoceniche. La falda idrica si rinviene a modeste profondità dal piano campagna, variabili da zona a zona e può essere ripartita su più livelli. Trattasi di un acquifero articolato, costituito da alternanze irregolari di strati ghiaiosi, sabbiosi, argillosi e argilloso-limosi con diverso grado di permeabilità. La presenza di livelli argillosi impermeabili intercalati, in configurazione lenticolare, consente in ogni caso l'interconnessione idraulica tra i vari livelli acquiferi, per cui i caratteri della circolazione idrica sono riferibili a un'unica falda, molto eterogenea, frazionata su più livelli. L'acquifero è sostenuto dalle argille grigio-azzurre impermeabili di base e la potenza dello stesso è variabile tra i 25 e 50 m, talora superiore, solo nelle aree più interne si riscontrano valori inferiori a 25 m. Specifici studi di carattere idrogeologico indicano che la morfologia della superficie piezometrica del territorio è notevolmente influenzata da quella del substrato impermeabile.

Orientativamente si evidenzia che i corpi sedimentari a granulometria più grossolana (di maggiore permeabilità) prevalgono nelle aree di alta pianura e, man mano verso la costa, la presenza d'intercalazioni argilloso-limose (scarsamente permeabili) aumenta sia come spessore sia in frequenza. Cosicché nella fascia pedemontana la falda circola liberamente, mentre, nella parte mediana e bassa e in pressione, in condizioni di artesiane. La particolare configurazione litostratigrafica è tale che le zone di maggiore alimentazione sono quelle dove affioramento i depositi più grossolani, adatti ad assorbire buona parte delle acque meteoriche, destinandole alla circolazione idrica sotterranea.

La superficie piezometrica si rinviene a circa 250 m s.l.m. nelle zone più interne e degrada fino alla costa con gradienti compresi tra 0,15% e 0,25%. La risalienza e la soggiacenza della falda idrica aumentano di norma man mano che si procede verso la costa dove la qualità dell'acqua risente degli effetti dell'intrusione marina. La produttività dell'acquifero varia sensibilmente da zona a zona. La maggiore resa dei pozzi e quindi le maggiori portate specifiche (1-3 l/s) oltre che dalle condizioni di alimentazione, è strettamente dipendente dallo spessore e dalle caratteristiche granulometriche degli strati acquiferi e dalla configurazione della superficie di fondo della falda, realizzandosi delle locali depressioni del substrato argilloso.

#### Acquifero poroso profondo

L'acquifero poroso profondo, plio-pleistocenico, è situato in corrispondenza degli strati sabbioso-limosi e localmente ghiaiosi intercalati alla successione argillosa dell'avanfossa. I livelli acquiferi sono rappresentati da corpi discontinui di forma lenticolare, dello spessore di pochi metri, alternati a strati argillosi impermeabili spessi anche alcune decine di metri.

La falda è in pressione ovunque e di solito presenta forti caratteri di artesianità. Le reali caratteristiche di questo sistema acquifero sono poco conosciute, soprattutto riguardo alla geometria e distribuzione spaziale dei corpi acquiferi, alla connessione idraulica tra i diversi livelli e con le altre falde del Tavoliere, alle modalità di alimentazione e di deflusso.

I livelli utilizzati, captati di norma per uso irriguo, sono localizzati a profondità variabili tra 150 m e 500 m dal p.c.; nei livelli sabbiosi più profondi la possibilità di rinvenimento di acque dolci utilizzabili è fortemente condizionata dall'esistenza di acque connate, associate ad accumuli d'idrocarburi. Le stesse acque estratte dai pozzi presentano caratteri chimici peculiari e la loro fuoriuscita in superficie è spesso accompagnata da un forte odore di H<sub>2</sub>S.

#### Acquifero fessurato-carsico profondo

Dal Candelaro, procedendo verso ovest, l'acquifero carbonatico mesozoico del Gargano risulta ribassato a gradinata da sistemi di faglie dirette, a direzione appenninica e antiappenninica, che originano nel substrato un'articolata struttura ad horst e graben. L'interesse pratico per questo acquifero è limitato alle zone dove il substrato è situato a profondità inferiori a qualche centinaio di metri, quali si riscontrano nella fascia pedegarganica del Tavoliere. Questa limitazione è giustificata dal fatto che procedendo verso la parte mediana dell'avanfossa, con la profondità del substrato aumenta notevolmente il contenuto salino delle acque che passano da valori tipici di acque di



origine meteorica, più o meno contaminate dagli apporti marini, a valori e chimismo caratteristici delle acque connate associate ai giacimenti di idrocarburi. Le acque di falda circolano nelle rocce carbonatiche del substrato e sono confinate sotto la successione argillosa o di livelli poco fratturati delle stesse rocce calcaree. La circolazione idrica risente delle caratteristiche idrauliche dell'acquifero, variabili da zona a zona in funzione del grado di fessurazione e carsismo della roccia. Le modalità di deflusso della falda sono anche influenzate dalla presenza delle numerose faglie del substrato che determinano direttrici di deflusso preferenziali.

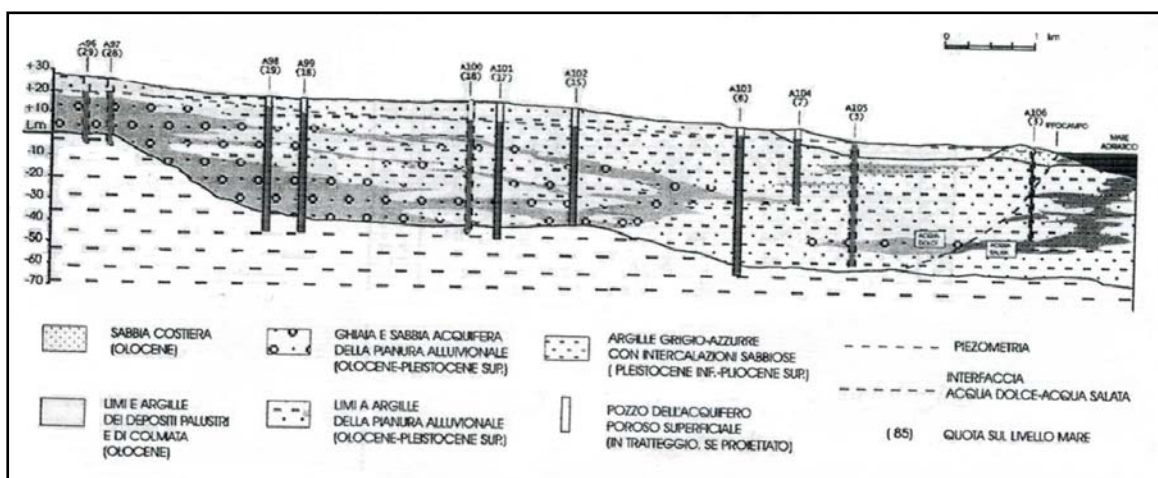


Fig. 5 - sezione idrogeologica schematica del Tavoliere (Maggiore et Alii)

## 5. INDAGINI PER LA CARATTERIZZAZIONE DEL SITO

Allo scopo di acquisire gli elementi necessari alla caratterizzazione litostratigrafica, e sismica dei terreni interessati dal progetto in oggetto, sono stati utilizzati i dati delle indagini geologiche, geognostiche e geofisiche effettuate dalla ditta GEO CONSUL S.r.l. per il progetto di costruzione della palestra del Liceo "N. Zingarelli", consistite in:

- n. 3 sondaggi geognostici ad andamento verticale eseguiti a carotaggio continuo, due dei quali spinti alla profondità di 30 m ed il restante a 20 m;
- prelievo di campioni indisturbati utilizzando il campionatore Shelby;
- esecuzione di Standard Penetration Test (SPT) nel corso del sondaggio a rotazione;
- esecuzione di n.4 prove penetrometriche dinamiche (DPSH) con penetrometro dinamico;
- esecuzione di n.6 prove geotecniche di laboratorio richieste dall'ente appaltante sui campioni prelevati.
- Indagini geofisiche di superficie e in foro, consistenti in:

- n. 5 stendimenti per l'esecuzione della prospezione sismica a rifrazione e relativa elaborazione delle sezioni sismostratigrafiche, elaborazione con metodo Re.Mi.;
- n.1 prospezione sismica in foro con tecnica Down-Hole.

## 6. MODELLAZIONE E ANALISI GEOLOGICA

### 6.1 ANALISI GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA DI DETTAGLIO

L'area, quotata a 115 m circa s.l.m., è contraddistinta da morfologia subpianeggiante con pendenza media dell'1 % circa verso Nordest. La morfologia subpianeggiante della zona esclude ogni forma di dissesto geomorfologico in atto e/o potenziale, pertanto, la zona può essere definita stabile. La diretta osservazione dei terreni affioranti eseguita durante il rilevamento geologico dell'area di intervento e le ricostruzioni lito-stratigrafiche derivate dalle indagini geognostiche in sito hanno consentito il raggiungimento di una sufficiente definizione del quadro litologico e stratigrafico del sottosuolo in esame. Le indagini evidenziano la presenza dei depositi ascrivibili al "*Sintema di Cerignola – Sabbie di Torre Quarto (STQ)*", costituiti da sabbie medie e fini di colore giallo ocra a luoghi ben cementate in strati di spessore variabile da pochi centimetri a 50 centimetri con intercalazioni di livelli centimetrici e decimetrici di argille e silt di colore giallastro a luoghi marnose.

### 6.2 CARATTERI IDROGRAFICI ED IDROGEOLOGICI

L'idrografia del territorio si presenta con i caratteri tipici del Tavoliere, con lievi incisioni di origine fluviale denominate "canali" o "marane" completamente regimentate e canalizzate. Tra queste incisioni la maggiore è la "Marana di Acquamala" che scorre con andamento meandriforme a circa 2 Km a NW in direzione SW-NE. Si tratta di un corso d'acqua costantemente in regime di magra che ha esercitato una debole attività erosiva con deflusso esclusivamente stagionale e occasionale.

L'incisione fluviale più vicina è rappresentata dal canale che costeggia C.so Vecchio a 1.2 Km NW dalla zona di intervento; il corso d'acqua si sviluppa con andamento perfettamente rettilineo in direzione SSO-NNE e lunghezza complessiva di 2,3 Km. Esso ha origine 150 m a Nord dall'imbocco della Strada Vicinale Corso Vecchio a una quota di 98,5 m s.l.m., e termina confluenndo nella "*Marana di Acquamala*". Il canale raccoglie le acque pluviali provenienti dal settore settentrionale dell'abitato e le convoglia fino al depuratore comunale, collocato 700 m prima della confluenza nella Marana. Le modeste



portate, la distanza e il dislivello tra i canali e la zona di intervento fanno escludere possibili rischi idraulici, così come si evince anche dalla cartografia allegata al PAI (fig.3).

Dal punto di vista idrogeologico l'area in esame è caratterizzata dalla presenza di terreni con diverso grado di permeabilità e quindi diversamente condizionanti la circolazione idrica nel sottosuolo. L'acquifero poroso superficiale si rinviene nei depositi pleistocenici granulari, classificabili come mediamente permeabili, che ricoprono la sottostante formazione delle Argille subappennine, rinvenibili in zona a circa 50-60 m dal p.c. Il livello piezometrico della falda idrica è quantificabile a 90 m s.l.m. e quindi a 25 m circa dal p.c. (piano campagna quotato a 115 m), con deflusso idrico lento verso Nord (Fig.6)

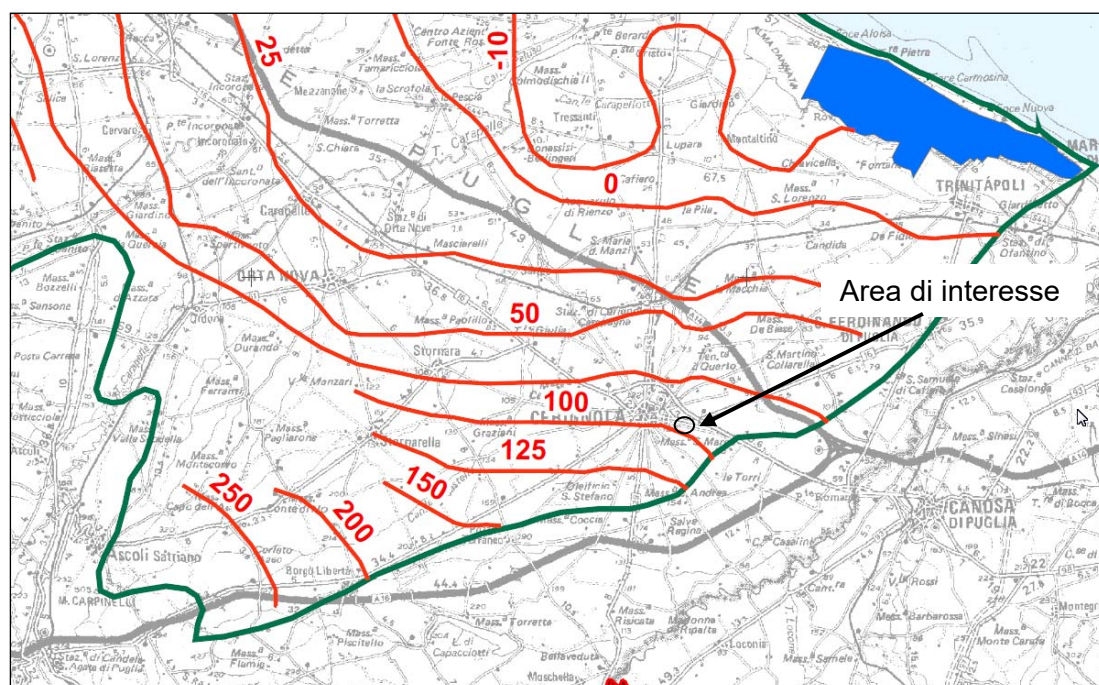


Fig. 6 - Stralcio Tav. 6.3.1 “Distribuzione media dei carichi piezometrici dell’acquifero poroso del Tavoliere” – P.T.A. della Regione Puglia (scala 1: 300.000).

### 6.3 MODELLO GEOLOGICO DEL SOTTOSUOLO

I sondaggi geognostici effettuati durante i lavori per la realizzazione della palestra hanno evidenziato la presenza di una successione litostratigrafica continua e omogenea, di seguito così schematizzata:

- **Unità I (profondità 0-1 m circa):** copertura vegetale e/o di riporto;
- **Unità II (profondità 1-15 m):** limo con sabbia argilloso-ghiaioso di colore giallo ocra e talvolta biancastro nella parte sommitale, per la presenza di patine di alterazione calcarea pulverulente;
- **Unità III (profondità 15-27 m):** argilla limosa, con frequenti passaggi sabbiosi di colore giallo-verdino; si presenta con una struttura che diventa più omogenea in profondità;
- **Unità IV (profondità 27-30 m):** sabbia limosa-argillosa giallo ocra con intercalazioni di lenti ciottolose.

## 7. PERICOLOSITÀ GEOLOGICA

Dal punto di vista geomorfologico l'area esaminata si presenta stabile in conseguenza della giacitura sub-orizzontale delle formazioni affioranti e dall'assenza di elementi idrografici superficiali. In base alla costituzione geologica e alle caratteristiche idrogeologiche del sito la pericolosità geologica può essere legata alla subsidenza, fenomeno connesso al prelievo idrico dalla falda, e alla liquefazione dell'acquifero, legato invece alla sismicità del territorio. I due fenomeni vengono esaminati nei paragrafi che seguono.

### 7.1 SUBSIDENZA

Con il termine subsidenza viene indicato quel movimento, prevalentemente verticale e generalmente lento, della superficie del terreno, che interessa aree relativamente estese, dovuto allo sfruttamento delle falde idriche (Viggiani, 1978). In particolare, la subsidenza è legata ai fenomeni che possono instaurarsi nell'acquifero (costituiti da sabbie e ghiaie ad esempio) e negli strati acquitardi (limi e argille) adiacenti, a seguito della diminuzione dell'altezza piezometrica (e quindi della pressione neutra) e al corrispondente incremento della pressione intergranulare che agisce sullo scheletro solido del terreno. Per quanto riguarda l'area in esame la

possibilità che possa innescarsi il fenomeno della subsidenza è nullo per i motivi di seguito esposti:

- i depositi che costituiscono l'acquifero e i depositi sovrastanti sono scarsamente compressibili, a motivo dell'addensamento delle sabbie e delle sabbie limose che li costituiscono;
- nei dintorni dell'area di studio non è in atto un cospicuo emungimento della falda e, comunque, l'abbassamento della falda massimo teorico è molto contenuto a causa dell'esiguo spessore dell'acquifero stesso.

## 7.2 CARATTERI SISMICI

Il territorio comunale di Cerignola fu dichiarato a rischio sismico a seguito dell'entrata in vigore del DM 7 marzo 1981 "Dichiarazione di zone sismiche nelle Regioni Basilicata, Campania e Puglia". L'attribuzione al territorio del grado di sismicità  $S=9$  fu determinata dal Consiglio delle Ricerche per Scienze Geologiche e Minerarie. La classificazione sismica contenuta nel DM 7 marzo 1981 è stata sostituita dall'O.P.C.M. 3274 del 20/03/2003 che contiene nuove disposizioni in materia di classificazione sismica e di normative tecniche.

Il numero di zone sismiche è fissato a 4, corrispondenti ai quattro valori di accelerazione orizzontale ( $a_g/g$ ) di ancoraggio dello spettro di risposta elastico. Nella nuova classificazione sismica, il territorio di Cerignola appartiene alla zona sismica 2, a cui corrisponde un'accelerazione orizzontale, con probabilità di superamento del 10 % in 50 anni maggiore di 0,15 g che si traduce in una accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico pari a 0,25 ( $a_g/g$ ).

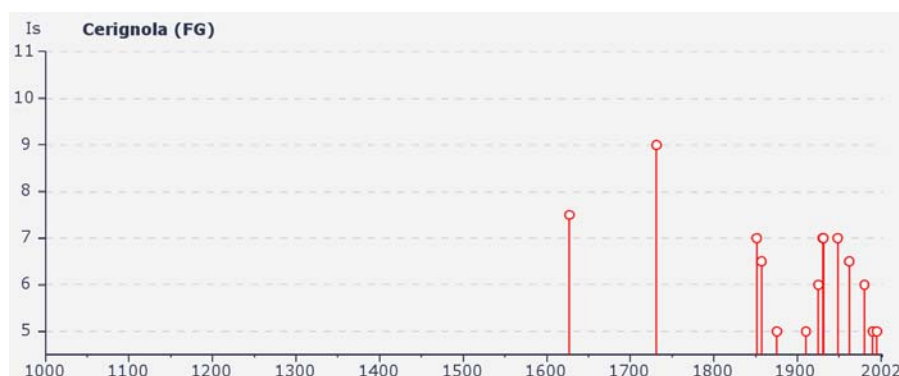
Zona	Intervallo di pertinenza della PGA (10% in 50 anni)	$A_g$ max
1	$0,25 < a_g \leq 0,35 g$	0,35 g
2	$0,15 < a_g \leq 0,25 g$	0,25 g
3	$0,05 < a_g \leq 0,15 g$	0,15 g
4	$\leq 0,05 g$	0,05 g

Il territorio di Cerignola è interessato da una sismicità con terremoti storici di intensità massima del IX grado della scala Mercalli-Cancani-Sieberg (MCS). Si riporta di seguito l'elenco degli eventi sismici più significativi per la storia sismica del Comune di Cerignola:



Anno Me Gi Or	Area epicentrale	Io	Mw
1627 07 30 10 50	Gargano	10	6.73
1731 03 20 03	Foggiano	9	6.34
1851 08 14 13 20	Basilicata	9-10	6.33
1857 12 16 21 15	Basilicata	10-11	6.96
1875 12 06	S.MARCO IN LAMIS	7-8	6.07
1882 06 06 05 40	Monti del Matese	7	5.28
1889 12 08	APRICENA	7	5.55
1892 06 06	TREMITI	6-7	5.07
1905 09 08 01 43 11	Calabria	11	7.06
1905 11 26	IRPINIA	7	5.32
1908 12 28 04 20 27	Calabria meridionale	11	7.24
1910 06 07 02 04	Irpinia-Basilicata	8-9	5.87
1913 10 04 18 26	MATESE	7-8	5.40
1925 07 28 03 33	CERIGNOLA	6	4.83
1925 08 25 05 10	GARGANO	6-7	5.09
1930 07 23 00 08	Irpinia	10	6.72
1931 12 03 09 32	CERIGNOLA	6-7	4.62
1948 08 18 21 12 20	Puglia settent.	7-8	5.58
1951 01 16 01 11	GARGANO	7	5.27
1955 02 09 10 06	MONTE S. ANGELO	7	5.17
1956 01 09 00 44	GRASSANO	6-7	5.03
1962 08 21 18 19 30	Irpinia	9	6.19
1980 11 23 18 34 52	Irpinia-Basilicata	10	6.89
1984 04 29 05 02 59	GUBBIO/VALFABBRICA	7	5.68
1988 04 26 00 53 45	ADRIATICO CENTRALE	5	5.43
1990 05 05 07 21 17	POTENTINO	7	5.84
1991 05 26 12 25 59	POTENTINO	7	5.22
1995 09 30 10 14 34	GARGANO	6	5.22
1996 04 03 13 04 35	IRPINIA	6	4.92

(catalogo parametrico dei Terremoti italiani, versione 2004 – CPTI04)



**Fig. 7 – Diagramma della storia sismica limitatamente ai terremoti con intensità uguale o maggiore di 5 (MCS)**

### 7.3 MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO

Con l'emanazione del D.M. 17 gennaio 2018 "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni" (NTC) e del D.M. 14 gennaio 2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni" (NTC) sono state introdotte nuove disposizioni in materia di prevenzione sismica. In base alle NTC, l'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire da un "pericolosità sismica di base", in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A nelle NTC). Allo stato attuale, la pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento è fornita dai dati pubblicati sul sito dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (<http://esse1.mi.ingv.it/>). Per definire l'azione sismica di progetto, si valuta l'effetto della risposta sismica locale (RSL)<sup>o</sup> mediante specifiche analisi (v. Risposta sismica e stabilità del sito e C7.11.3.1 - NTC). In assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento ad un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (Tab. 3.2.II e 3.2.III - NTC) e sulle condizioni topografiche. Le NTC propongono l'adozione di un sistema di caratterizzazione geofisica e geotecnica del profilo stratigrafico del suolo, mediante cinque (A - B - C - D - E), da individuare in relazione ai parametri di velocità delle onde di taglio o valori di  $N_{spt}$ . La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{S,eq}$  (in m/s), definita dalla espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

con

$H_i$  = spessore dell' $i$ -esimo strato;

$V_{S,i}$  = velocità delle onde di taglio dell' $i$ -esimo strato;  $N$  = numero di strati;

$H$  = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_S$  non inferiore a 800 m/s.

Per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30 m, come nel caso specifico, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{S,eq}$  è definita dal parametro  $V_{S,30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità. La  $V_{S,eq}$ , ottenuta dalla prova down-hole, effettuata durante le indagini per la realizzazione della palestra, ha fornito un valore di velocità equivalente compreso tra 360 m/s e 800 m/s. Pertanto la determinazione delle azioni sismiche

secondo l'approccio semplificato previsto dal § 3.2.2 delle NTC, ha fornito i seguenti risultati:

**Classificazione della categoria di sottosuolo secondo quanto previsto nella tabella 3.2.II delle NTC:** il sottosuolo, a partire dal livello del piano di posa delle fondazioni, può essere assimilato a:

**categoria 'B':**

*“Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s”.*

**Classificazione delle condizioni topografiche secondo quanto previsto nelle tabelle 3.2.IV e 3.2.VI delle NTC:** la superficie topografica, poiché il sito è ubicato in area subpianeggiante, può essere classificata come appartenente alla

**categoria 'T1':**

*“Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ ”.*

#### 7.4 STIMA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DEL SITO

Per determinare le azioni sismiche di progetto è necessario stimare la “pericolosità sismica” del sito oggetto di studio, rappresentata dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo (“periodo di riferimento” VR espresso in anni), in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato; la probabilità è denominata “Probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento” (PVR). Il periodo di riferimento si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale VN per il coefficiente d'uso CU:

$$VR = VN \times CU$$

dove la vita nominale VN è data dalla Tab. 2.4.I (NTC-18):

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di $V_N$ (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Il coefficiente d'uso  $C_U$  è dato dalla Tab. 2.4.II (NTC-18):

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE $C_U$	0,7	1,0	1,5	2,0



Le classi d'uso sono quelle definite al punto 2.4.2. delle NTC 2018. Nel caso del progetto in esame, la costruzione rientra nella **classe d'uso III**. Pertanto, nel caso in esame il periodo di riferimento è pari a:

$$VR = 50 \times 1.5 = 75 \text{ anni}$$

Per ciascuno stato limite e relativa probabilità di eccedenza PVR nel periodo di riferimento VR il periodo di ritorno TR del sisma è dato da:

$$TR = -VR/\ln(1-PVR) = -CUVN/\ln(1-PVR)$$

Calcolato il periodo di riferimento VR, la **pericolosità sismica** è definita in termini di:

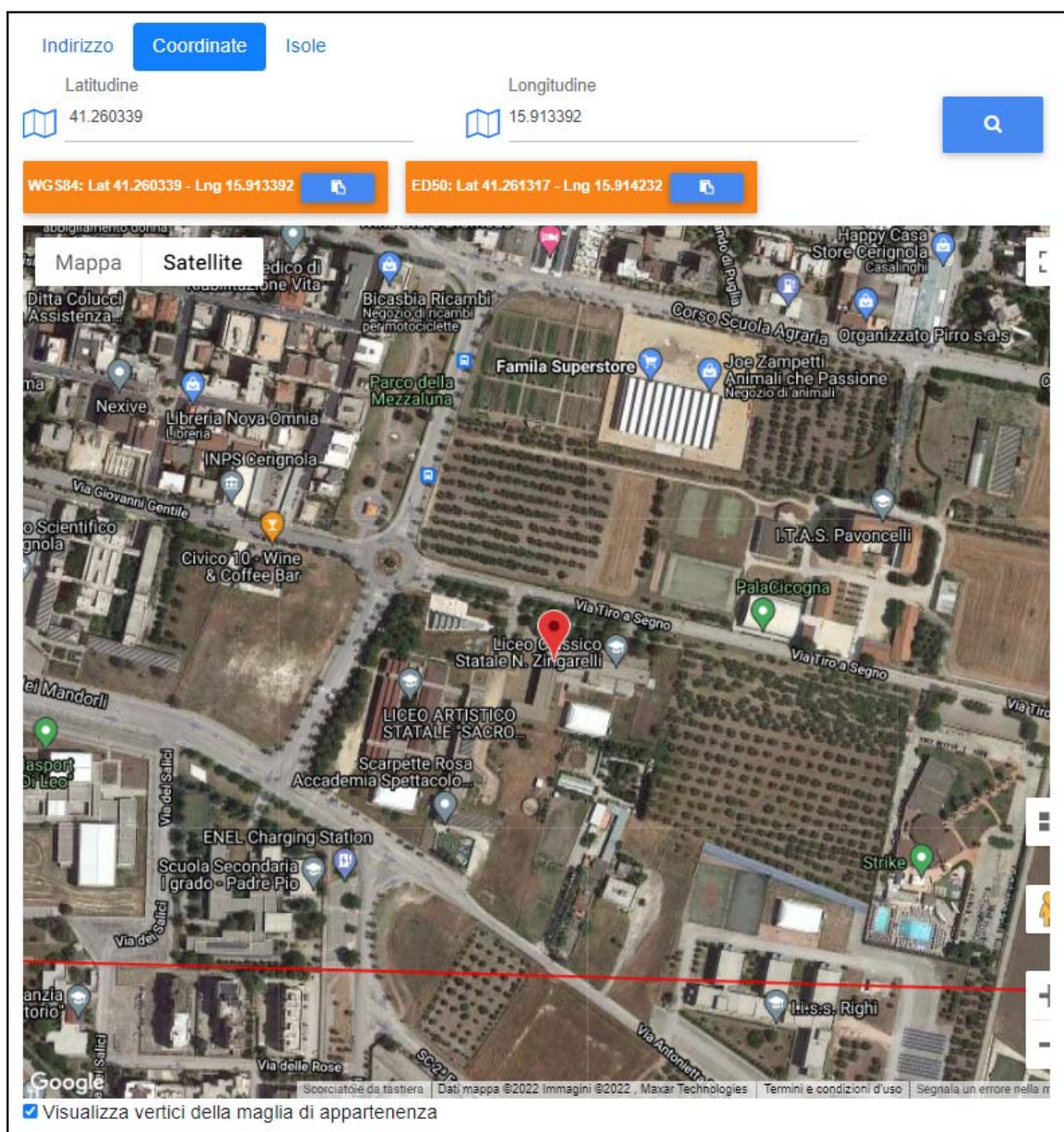
- accelerazione orizzontale massima attesa **ag** su sito di riferimento rigido (*bed-rock*);
- ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente **Se(T)**, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR nel periodo di riferimento VR.

Ai fini delle NTC 2018 le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- ag** accelerazione orizzontale massima al sito;
- Fo** valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- Tc\*** periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Geostru-PS è il software utilizzato per il calcolo dei parametri sismici secondo le NTC 2018 e la Circolare Ministeriale n. 617 del 2 Febbraio 2009. Il software, attraverso l'inserimento della latitudine e della longitudine, individua la posizione del punto nel reticolo di riferimento, determinando le grandezze (**ag**, **F0**, **Tc\***) nei nodi e, successivamente tramite una interpolazione, i valori nel punto di interesse.

Nel caso in esame si hanno i seguenti parametri sismici:



**Fig. 8– Ubicazione**

Le coordinate geografiche espresse in questo file sono in ED50

**Sito in esame**

latitudine: 41,261317 [°] - longitudine: 15,914232 [°]

**Classe d'uso:** III. Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV.

Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso. Nel caso in esame si hanno i seguenti

### Stati limite

Classe Edificio

III. Affollamento significativo...

Vita Nominale 50

Interpolazione Superficie rigata

**CU = 1.5**

Stato Limite	Tr [anni]	$a_g$ [g]	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO)	45	0.053	2.536	0.293
Danno (SLD)	75	0.070	2.484	0.329
Salvaguardia vita (SLV)	712	0.207	2.451	0.402
Prevenzione collasso (SLC)	1462	0.290	2.373	0.420
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	75			

### Coefficienti sismici

Tipo Stabilità dei pendii e fondazioni

☐ Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m) us (m)

1 0.1

Cat. Sottosuolo B

Cat. Topografica T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,20	1,20	1,20	1,12
CC Coeff. funz categoria	1,41	1,37	1,32	1,31
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

☐ Acc.ne massima attesa al sito [m/s<sup>2</sup>]

0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.013	0.017	0.070	0.091
kv	0.006	0.008	0.035	0.045
Amax [m/s <sup>2</sup> ]	0.624	0.825	2.435	3.183
Beta	0.200	0.200	0.280	0.280

**Fig. 9 – parametri sismici**

## 7.5 VERIFICA DEI FENOMENI DI LIQUEFAZIONE

Ai sensi delle NTC18 si ha la necessità di verificare se possono sussistere le condizioni di possibile fenomeni di liquefazione dei terreni presenti; nel caso specifico tale verifiche non sono dovute in quanto come prescrive la normativa, le stesse possono essere omesse qualora si manifestino determinate condizioni come l'assenza di una falda idrica con profondità media stagionale superiore ai 15 metri, come avviene nel sito in esame.

## 7.6 PRESENZA DI FAGLIE SISMOGENETICHE ATTIVE

Per la stabilità geologico-tecnica del sito in esame si è anche focalizzata l'attenzione nel verificare la presenza di faglie sismogenetiche attive che potessero originare rotture in



superficie: Sia il rilevamento di campagna, sia l'esecuzione delle indagini e la lettura della bibliografia e cartografia geologica dell'area permettono di escludere la presenza di faglie attive che possano originare fratture superficiali che rendano instabile e pericoloso il sito.

## 8. CONCLUSIONI

Gli aspetti più salienti che emergono dalle osservazioni geologico-tecniche generali svolte e dalla interpretazione delle risultanze geognostiche proposte nel presente lavoro, sono i seguenti:

**a) analisi cartografica Piani di Bacino:** dalla consultazione della cartografia allegata al PAI, si evince che l'area non risulta ricadere in area perimetrale a rischio PAI Puglia e non ricade in zone di *“alveo fluviale in modellamento attivo ed aree golenali”* e *“fasce di pertinenza fluviale”*, ai sensi rispettivamente dell'art. 6 e dell'art. 10 delle NTA del Piano stralcio di Assetto Idrogeologico (PAI).

**b) geomorfologia:** la zona indagata, quotata mediamente a 113 m s.l.m., è contraddistinta da morfologia subpianeggiante con pendenza media del 1,7 % circa verso Sud. Nella zona non si riscontrano fattori geomorfologici in grado di produrre alterazioni dell'attuale buona stabilità globale dell'ambito di intervento;

**c) geognosia:** gli strati di terreno significativamente validi ai fini dell'assorbimento/trasmissione meccanica delle tensioni statiche e dinamiche della struttura, sono rappresentati da limo con sabbia argilloso-ghiaioso di colore giallo ocre e talvolta biancastro nella parte sommitale, per la presenza di patine di alterazione calcarea pulverulente.

Trattasi di terreni contraddistinti, nel complesso, da buoni caratteri nel comportamento geomeccanico.

**d) idrogeologia:** il comportamento idrogeologico del sito di interesse è caratterizzato dalla presenza di una falda idrica con soggiacenza alla profondità non inferiore a 30 dal p.c. e livello piezometrico a 25 m circa dal p.c. Pertanto non interferirà negativamente con le strutture programmate;

**e) sismicità:** Per quanto concerne la definizione dell'azione sismica di progetto, così come stabilito dal D.M. 17/01/2018, il terreno di fondazione esaminato durante le indagini geofisiche effettuate per la realizzazione della palestra, viene ad inquadrarsi nell'ambito

della **Categoria B**: “Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s”;

**f) verifica a liquefazione e subsidenza:** Le caratteristiche idrogeologiche, granulometriche e di addensamento dei terreni investigati, escludono possibili fenomeni di subsidenza e di liquefazione in caso di evento sismico.

Cerignola, 05/02/2022

dott. Massimo Grieco

