

Regione Basilicata

COMUNE DI MATERA

Bandi PNRR

***COSTRUZIONE DI NUOVE SCUOLE MEDIANTE SOSTITUZIONE
DI EDIFICI***

CIG ZA235013AE

Committente: **PROVINCIA di MATERA**

<p>RELAZIONE GEOLOGICA</p>

Dr.Geol. Angelo R. VENEZIA
Via Lanera 47 bis -MATERA-
Tel.0835/334133-cell.328 - 7140958
E mail anra.venezia@inwind.it
(PEC): angeloraffvenezia@epap.sicurezzapostale.it

Matera , febbraio 2022

Geol. Angelo R. VENEZIA



Il presente documento è di proprietà dello Studio di Geologia del Dr. Angelo VENEZIA. A termine di Legge ogni diritto è riservato

REGIONE BASILICATA

Provincia di MATERA

Bandi PNRR

Costruzione di nuove scuole mediante sostituzione di edifici

CIG ZA235013AE

Committente: Provincia di Matera

RELAZIONE GEOLOGICA PRELIMINARE

Relazione unica integrata comprendente le relazioni specialistiche:

- **Relazione e modellazione geologica preliminare del sito**
- **Indicazioni per la modellazione geotecnica del volume di terreno significativo**
- **Indicazioni sulla pericolosità sismica di base del sito**
- **Copia della planimetria del piano stralcio per la difesa dal rischio idrogeologico, “Carta del rischio” dell’AdB della Basilicata con ubicazione dell’opera**

1. Premessa

Per incarico ricevuto dalla Provincia di Matera lo scrivente ha curato lo studio dei caratteri geologici, geomorfologici e geologico-applicativi dell’area urbana di Matera interessata dall’intervento di cui al presente progetto.

Lo studio, pur avendo carattere preliminare è stato sviluppato secondo le indicazioni del capitolo 6 del D.M. 17/01/2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni" ed alla vigente Circolare Ministeriale e di quanto previsto dalla L.R. n. 38/97.

Si è altresì tenuto conto degli studi relativi al “Piano stralcio per la difesa dal rischio idrogeologico” a cura dell’Autorità di Bacino della Basilicata. In particolare con riferimento al *Piano stralcio per la difesa dal rischio idrogeologico* redatto dall’*Autorità Interregionale di bacino della Basilicata* - (visura del gennaio 2022) l’area oggetto di studio non ricade in nessuna delle aree a rischio segnalate da detto studio, sia per quanto attiene problematiche di stabilità (rischio da frana), che per quanto attiene la vulnerabilità idraulica.

L'area oggetto di studio ricade all'interno dell'area urbana di Matera le cui caratteristiche geologico-stratigrafiche e geo-meccaniche sono abbastanza ben conosciute in letteratura.

Stante l'urgenza manifestata dalla committenza e l'assenza di specifiche somme a disposizione, in accordi con la committenza non sono state eseguite specifiche indagini geognostiche. Si è fatto poi riferimento alle conoscenze pregresse dello scrivente ed alle conoscenze di letteratura scientifica, così come consentito dalla normativa. Si è quindi provveduto ad acquisire tutte le informazioni di letteratura scientifica e tecnica relative all'area in parola, nonché a raccogliere le esperienze professionali pregresse nelle aree circostanti. E' poi stato svolto uno studio geologico di superficie dell'area e delle aree contermini.

Sulla base delle informazioni acquisite attraverso l'indagine speditiva svolta, il rilievo di campagna, le conoscenze pregresse dello scrivente e della letteratura scientifica e tecnica relativa all'area in parola, è stato possibile definire, con l'attendibilità necessaria ai fini della presente relazione, i caratteri geologici, geomorfologici e geotecnici del sito così come descritti nel seguito.

Le informazioni sotto descritte, andranno in ogni caso confermate attraverso uno specifico studio corredato delle relative indagini all'atto della realizzazione del progetto definitivo-esecutivo del progetto.

Il lavoro è stato corredato di quanto richiesto dalla eliberazione regionale n. 575 del 4.08.2009. In calce alla relazione è riportata l'ubicazione univoca dell'area di intervento su immagini da Google Earth, la caratterizzazione urbanistica è riportata nelle tavole progettuali. Nel cap. 4 è riportata la carta geologica ed è stata poi riportata la geologia al di sotto di una sezione progettuale significativa, così da poter definire anche il modello geologico di sottosuolo. E' poi riportata la bibliografia degli studi e delle indagini consultate. Non è riportata la verifica di stabilità del versante perché trattasi di area non potenzialmente soggetta a fenomeni di instabilità.

2. Inquadramento geologico generale

2.1. Assetto geologico strutturale

La configurazione geologica odierna della Basilicata è il risultato di imponenti deformazioni tettoniche che hanno determinato accavallamenti e traslazioni di masse rocciose e terrigene, anche di notevolissime proporzioni, da Ovest verso Est, verso l'Avampaese Apulo, con complessiva contrazione spaziale.

A grande scala la regione può essere inquadrata, dal punto di vista geografico e soprattutto geologico-strutturale, nell'ambito del sistema orogenico appenninico, riconoscibile nel settore dell'Italia meridionale che si estende dal margine tirrenico a quello adriatico. I tre domini del sistema orogenico sono:

- la *Catena* rappresentata dall'Appennino Campano-Lucano
- l'*Avanfossa* rappresentata dall'Avanfossa Adriatica
- l'*Avampaese* rappresentata dalla regione Apulo-Garganica

Le caratteristiche geologiche, morfologiche e tettoniche attuali della regione, possono essere quindi interpretate come il risultato complessivo degli sconvolgimenti tettonici, che a più riprese, ma soprattutto nella fase miocenica-pleistocenica dell'orogenesi appenninica, hanno interessato le unità geologiche preesistenti, e della continua evoluzione paleogeografia che i tre domini del sistema orogenico appenninico, risultanti da tali sconvolgimenti, hanno subito nel tempo.

I modelli evolutivi proposti dai diversi autori, pur nella loro diversità, concordano nel definire che il sistema orogenico appenninico si sia formato a partire dall'Oligocene Superiore-Miocene inferiore, dal progressivo accavallamento da ovest verso est, dovuto a compressione, di unità stratigrafico-strutturali mesozoico-paleogeniche e di unità sinorogeniche di avanfossa.

Un ruolo fondamentale nella genesi appenninica viene riconosciuto alla placca Apula che durante l'orogenesi ha svolto il ruolo di avampaese. L'Unità stratigrafico-strutturale Apulo-Garganica di Avampaese, risulta ribassata a sud-ovest da sistemi di faglia dirette, e risulta deformata al di sotto della catena.

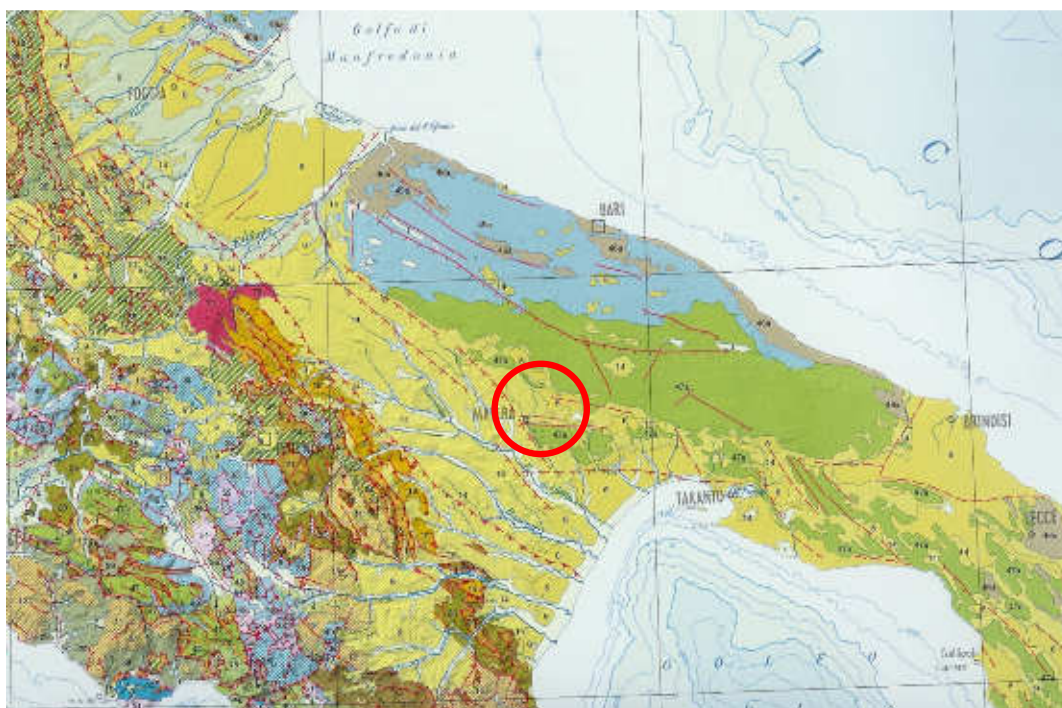


Fig. 2 – Schema geologico con ubicazione di Matera

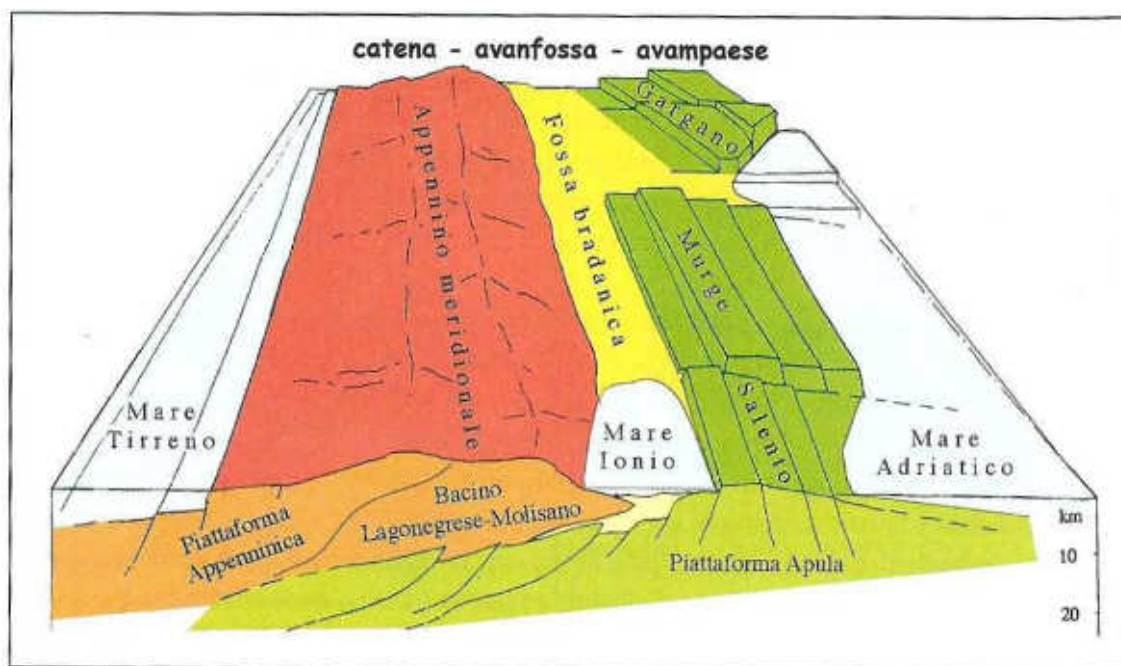


Fig. 1.5 - Schema geologico tridimensionale dell'Italia meridionale (da FUNICIELLO et al., 1991, mod.).
Fig. 3 – Schema del sistema catena Avanfossa Avampaese

Matera è posta nella zona più orientale dell'avanfossa e sorge su un piccolo brandello della piattaforma carbonatica (Horst) che si è distaccato dal margine occidentale della piattaforma apula, ma non è sprofondato. Separa l'avanfossa

vera e propria posta ad ovest di Matera da una piccola depressione tettonica che separa Matera dal limite occidentale delle murge: il graben di Viglione.

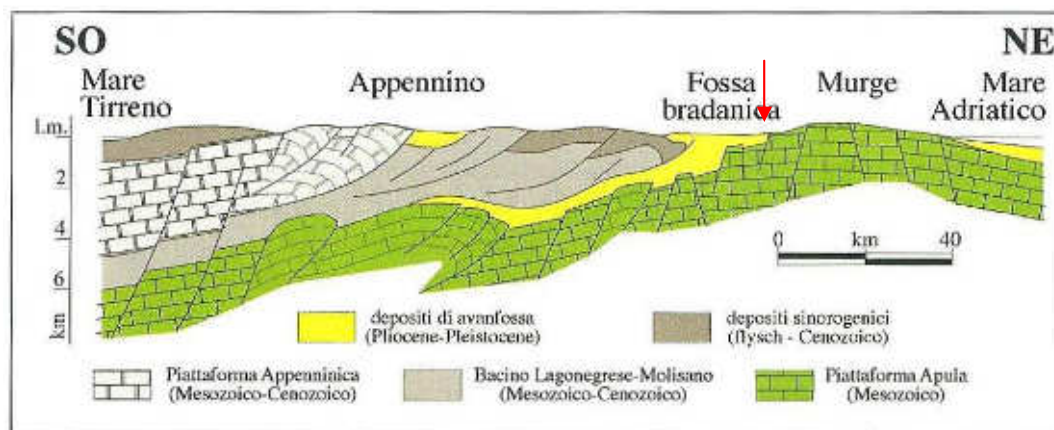


Figura 4 - Sezione verticale del sistema Catena-Avanfossa-Avampaese dell'Appennino Meridionale

In corrispondenza di Matera troviamo quindi una situazione geologica in cui riusciamo a vedere in affioramento sia i litotipi calcarei cretacici (circa 60 milioni di anni) fa tipici della piattaforma apula, sia i depositi della fossa Bradanica, che qui troviamo in successione completa.

Da questo punto di vista Matera rappresenta un punto di passaggio singolare fra il dominio di Avampaese e quello di Avanfossa, in quanto si tratta di un pezzo di piattaforma carbonatica (Avampaese) immerso nel dominio di Fossa.

2.2 Successione stratigrafica

Nell'area di Matera è possibile riconoscere una successione stratigrafica costituita dal substrato carbonatico di calcari cretacici della piattaforma Apula, cui sono sovrapposti i terreni del ciclo deposizionale della fossa Bradanica:

- *Calcarei e calcari dolomitici del Cretaceo Superiore (Senoniano)*
- *Calcareniti quaternarie (Pliocene superiore - Pleistocene Inferiore)*
- *Argille subappennine. (Pleistocene Inferiore)*
- *Sabbie di Monte Marano e Sabbie dello Staturo*
- *Depositi eluvio-colluviali*

Il substrato dell'area di Matera è costituito dai Calcarei cretacici murgiani (circa 60 milioni di anni fa) di origine marina (**Calcarei di Altamura**). Sono calcari e calcari dolomitici fratturati avana o grigi, microgranulari, talora con intercalazioni di livelli di brecce intraformazionali, compatti e tenaci, in strati di potenza variabile da pochi

centimetri fino a 2 metri. Affiorano nella parte più alta della murgia Materana e nella parte bassa della gravina di Matera.

Su questi poggiano dopo una lacuna stratigrafica di circa 60 milioni di anni i litotipi del ciclo sedimentario della fossa Bradanica. Il livello più basso è costituito da sabbie calcaree cementate dette **Calcareniti di Gravina**, localmente chiamate "tufi". Le calcareniti hanno un colore che va dal giallastro al grigio-biancastro e di sovente si presentano riccamente macrofossilifere. Caratteristica petrografica fondamentale della roccia in parola è quella di avere un assortimento granulometrico ed un grado di diagenesi molto variabile da punto a punto, si passa infatti da una granulometria medio grossolana ad una medio-fine, da un materiale a consistenza lapidea ad una sorta di sabbione debolmente cementato, talora facilmente frantumabile con le sole dita della mano. Il tenore di carbonati in base ai più recenti riscontri di letteratura scientifica varia dall'80% al 99%. Lo spessore massimo della formazione calcarenitica è di circa 40 m. Si tratta di una roccia che consente facilità e precisione di scavo e grande lavorabilità. E' di norma autoportante allo scavo e poco permeabile e grazie a queste caratteristiche ha consentito lo sviluppo nell'ammasso calcarenitico degli insediamenti rupestri della Civita e dei Sassi di Matera. Sulla sponda destra della gravina, quella dove si è sviluppata la città presentano uno spessore maggiore e verso Ovest scompaiono al di sotto al di sotto dei litotipi argillosi delle colline che bordano ad occidente la città. Le calcareniti formano anche lo sperone roccioso della "Civita" su cui sorge il duomo e l'antica cittadella fortificata di Matera e lo sperone roccioso della "rupe dell'Idris". La calcarenite costituisce anche il materiale da costruzione con cui sono stati realizzati tutti i corpi di fabbrica in elevazione ivi compresi palazzi gentilizi, luoghi di culto ed il Castello.



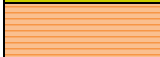
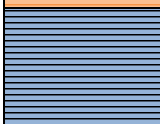
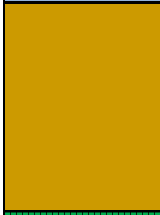
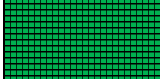
Sulle calcareniti poggiano in continuità stratigrafica le **Argille Subappennine** che costituiscono la base delle colline che bordano l'insediamento storico. Si tratta di limi argillosi e argille marnose grigio azzurrognola con sottili intercalazioni siltose e sabbiose più frequenti al tetto al passaggio con la sovrastante successione sabbiosa della Formazione di Monte Marano. Nella zona di Matera assumono la denominazione di argille di Gravina (Radina 1973). presentano una colorazione azzurrognola grigiastra tipica delle argille sub-appennine ed un elevato tenore di carbonati (fino al 40% ed oltre) che le rendono abbastanza dure e compatte.

Durante la fase di deposizione hanno, infatti, probabilmente risentito di forti apporti di carbonati che hanno creato legami di cementazione fra le particelle influenzando la compressibilità del terreno. A luoghi è presente una parte più superficiale caratterizzata da una colorazione ocraceo-avanzata dovuta a fenomeni di alterazione fisico-chimica o per la presenza di sabbia, la quale si trova in misura quasi sempre al passaggio con la sovrastante formazione sabbiosa. A causa della dinamica geomorfologica che interessa i versanti la fascia di alterazione può essere assente o presentare uno spessore molto modesto. Lo spessore di dette argille è di circa 30-40 nell'ambito dell'abitato di Matera. Lungo i versanti delle colline argillose è spesso presente una coltre di alterazione, di spessore variabile fino a qualche metro, interessata da modeste circolazioni di acque di infiltrazione e soggetta a fenomeni di lenta deformazione.

Infine sulla sommità delle colline le Argille Subappennine passano verso l'alto a le **Sabbie di Monte Marano e le Sabbie dello Staturo** che hanno uno spessore complessivo di circa 5-10 m. Si tratta di sabbie scarsamente cementate, con grana da media a fine di colore giallo ocraceo grigiastro. Hanno una composizione quarzoso-feldspatico-calcareo, una matrice siltosa ed uno scarso cemento calcareo. La stratificazione è evidenziata dalla presenza di livelli sabbiosi più cementati.

La successione stratigrafica si chiude con la presenza alla sommità dei rilievi di sedimenti prevalentemente conglomeratici, di colore rosso, e sabbiosi. Il loro spessore è molto modesto e possono essere correlati ai **Depositi Marini Terrazzati** ed al **Conglomerato di Irsina**.

Infine lungo i versanti interessati da affioramenti di litotipi ascrivibili alla formazione delle Argille sub-appennine è spesso presente una coltre di depositi di spessore variabile fino a qualche metro, provenienti dal disfacimento e dall'alterazione dei terreni sabbiosi argillosi delle colline circostanti e che possono essere interessati da modeste circolazioni di acque di infiltrazione e soggetti a fenomeni di creep e di deformazione gravitativa, che possono essere classificati come **Depositi eluvio-colluviali**. Qui di seguito si riporta la colonna stratigrafica completa dell'areale di Matera.

	Spessore	Descrizione
	2 – 3	Ciottoli poligenici (conglomerato di Irsina)
	5 – 10	Sabbie calcareo-quarzose da poco a mediamente addensate. A luoghi molto fini (sabbie di monte Marano, sabbie delle Staturo)
	20 – 40	Limi argilloso-sabbiosi ed argille limose di colore grigio azzurrognolo o ocraceo se alterate per fenomeni di wheatering (Argille subappennine)
		
	30 – 50	Calcarenite granulare a granulometria media ed a luoghi farinosa
		Calcari di Altamura

2.3 Morfologia

L'elemento fondamentale che condiziona la morfologia dell'area di Matera è il torrente "Gravina" di Matera: una profonda e stretta forra, incisa nelle calcareniti del Pleistocene e nel substrato calcareo del Cretaceo Superiore. L'odierna configurazione della valle del torrente Gravina e dei compluvi che ivi affluiscono è la risultante della sovrapposizione di più fattori morfogenetici, fra i quali un posto di primo piano occupano: il sollevamento in blocco che nel Quaternario ha interessato l'intera regione e le numerose oscillazioni che il livello di base ha subito durante e dopo il ritiro del mare all' inizio del Quaternario. I fianchi della valle sono caratterizzati da pareti molto acclivi ed a luoghi subverticali interrotte, nella parte alta, occupata dagli insediamenti antropici, da piccoli terrazzi in parte naturali ed in parte condizionati dall'attività antropica. In tempi successivi alla loro formazione questi terrazzi sono stati ulteriormente ampliati e modificati ad opera dell'uomo. In particolare, sulle scarpate che li delimitano verso valle, sono state allargate o scavate ex novo numerose cavità che, spinte nell'interno del versante per diversi metri, sono state adibite ad abitazioni fino ad alcuni anni orsono.

In tutta l'area sono presenti numerose altre incisioni morfologiche simili, anche se nessuna presenta la profondità e la spettacolarità di quest'ultima. Sono infatti presenti numerose altre piccole incisioni morfologiche che presentano in piccolissimo caratteristiche morfologiche simili pur non essendo così profonde da raggiungere i calcari. In base a recenti studi di letteratura scientifica

(Guerricchio e Simeone, 2001 e 2007) la loro presenza non è da ascrivere ad una attività erosiva, ma ad una fatturazione tettonica avvenuta in parte durante il sollevamento e/o ad attività tettonica successiva.

La gravina ha un andamento planimetrico alquanto irregolare e l'abitato di Matera si trova proprio in corrispondenza di un'ansa costituita dal prolungamento dello sperone roccioso della Civita sui cui lati si sviluppano gli anfiteatri sede dei due rioni Sassi. In corrispondenza di quest'ansa confluisce nella gravina un'altra profonda incisione morfologica che è il tratto terminale del torrente lesce affluente in sponda sinistra del torrente Gravina.

Nella parte più alta della città affiorano i terreni a granulometria fine del ciclo deposizionale della fossa Bradanica interessati da fenomeni di alterazioni e da dinamiche geomorfologiche superficiali e di media profondità. Si tratta di movimenti franosi del tipo scivolamento rotazionale e/o traslazionale e movimenti di creep superficiale. A seguito di questo tipo di fenomeni hanno avuto modo di svilupparsi coltri di depositi eluvio-colluviali che interessano i versanti argillosi. I versanti caratterizzati da una maggiore acclività sono interessati da una dinamica geomorfologia attiva, che tuttavia si manifesta con lente deformazioni dei versanti stessi che si sviluppano attraverso fenomeni di creep e di deformazione gravitativa.

2.4 Tettonica

Il corpo calcarenitico non appare interessato da dislocazioni tettoniche di grande rilievo, che, al contrario, si notano per il loro sensibile rigetto nel substrato calcareo. Matera sorge infatti su un horst carbonatico fortemente disarticolato, ma sostanzialmente stabile.

Appare abbastanza evidente che, prima della sedimentazione delle calcareniti, si sono registrate una o più fasi tettoniche che hanno dislocato in blocchi i calcari cretaci. Tuttavia anche la formazione calcarenitica, è stata interessata da fasi tettoniche successive alla sua deposizione. Questa formazione, infatti, a seguito del graduale sollevamento regionale e della tettonica quaternaria si è fratturata in vario modo secondo sistemi di litoclasti polidirezionali. Non mancano casi in cui, a causa della ripresa dei movimenti tettonici, fratture già saldate siano state nuovamente dislocate. E' opportuno osservare che molte discontinuità si sono

prodotte o quanto meno allargate per " richiamo verso il vuoto " dovuto all'approfondimento della gravina.

2.5 Acque sotterranee

Sotto l'aspetto della permeabilità le formazioni presenti nell'area possono essere raggruppate come segue:

- *Formazioni impermeabili*: le Argille Subappennine
- *Formazioni da mediamente a scarsamente permeabili per porosità*: le Calcareniti di Gravina possono essere considerate come un mezzo molto poco permeabile, interessato da macro e micro-fratture attraverso cui possono muoversi le acque sotterranee. Le coltri eluvio-colluviali presentano generalmente una bassa permeabilità, anche se per effetto della presenza di componenti sabbiose e del rimaneggiamento possono essere interessate da modeste circolazioni di acque di infiltrazione.
- *Formazioni permeabili*: Le Sabbie di Monte Marano permeabili per porosità ed i Calcari cretacici permeabili per fatturazione e carsismo.

Nelle sabbie di Monte Marano è presente una discreta circolazione di acque sotterranee resa possibile dalla successione di terreni permeabili (sabbie) cui fanno seguito terreni impermeabili argille fa sì che possa originarsi una falda nelle sabbie. Si tratta di una falda che anche se non particolarmente potente non va considerata trascurabile atteso che in base a quanto riferito da diverse persone alimentava la fontana storicamente ubicata nella piazza di Matera. Nei calcari cretacici è ospitata la falda idrica profonda, la cui circolazione interessa i litotipi calcarei a grossa profondità, poco superiore a quella del livello medio marino e pertanto non significativa dal punto di vista delle implicazioni ingegneristiche.

3. Documentazione scientifica e tecnica pregressa consultata

L'area oggetto di studio ricade in una zona all'interno dell'abitato di Matera le cui caratteristiche geologiche e geotecniche sono abbastanza ben conosciute. L'area urbana di Matera è infatti stata oggetto di numerosi studi geologico applicativi e geotecnici, sia di tipo scientifico, che di tipo professionale.

Fra l'altro lo scrivente ha curato gli studi geologici per Regolamento Urbanistico del comune recentemente adottato, e diverse relazioni professionali in siti strettamente adiacenti a quelli delle aree di interesse. Si è pertanto potuto correlare le specifiche indagini svolte per questo studio a quelle per i suddetti lavori.

Si riportano qui di seguito i principali riferimenti a cui è stato possibile consultare come riferimento:

- Baldassarre G. (1990) *Zonazione geologico tecnica della città di Matera* Geol. Appl. ed Idrog., XXV, 181-194;
- Cherubini C., Di Cuia N., Pagliarulo R. & Ramunni F.P (1996) *Caratteri petrografici e meccanici delle calcareniti di Matera* Mem. Soc. Geol. It. 51 , 761-769;
- Ciaranfi N., Pieri P. & Ricchetti G. (1988a). *Carta geologica delle Murge e del Salento (scala 1:250 000)*. Atti 74° Congr. Naz. S.G.I. Sorrento, vol. B.
- Ciaranfi N., Pieri P. & Ricchetti G. (1988b). *Note alla carta geologica delle Murge e del Salento (Puglia centromeridionale)*. Mem. Soc. Geol. It., 41, 449-460.
- Società Geologica Italiana (1999) *Guide Geologiche Regionali: Puglia e Monte Vulture – prima parte* BE-MA editrice
- Cotecchia V. & Grassi D. (1975) *Stato di conservazione dei “sassi” di Matera (Basilicata) in rapporto alle condizioni geomorfologiche e geomeccaniche del territorio e alle azioni antropiche* Geol. Appl. ed Idrog., vol. X, 55-105
- Lupo M., Gallipoli M. R. (2012) - *Caratterizzazione dei terreni e risposta sismica locale dell'area urbana di Matera*. Volume Speciale “Tecniche speditive per la stima dell'amplificazione sismica e della dinamica degli edifici. Studi teorici ed applicazioni professionali” a cura di Marco Mucciarelli, Aracne Editore, ISBN 978-88-548-4495-7, 323-342
- Lupo M., Venezia A.R. (2014) *Studio Geologico Tecnico per il Regolamento Urbanistico – Comune di Matera* - agg. 2014
- Lupo M., Genevois R., Tecca P.r. (2019) *Physical and mechanical characteristics of the Gravina Calcareenite (Southern Italy)* Italian Journal of Engineering Geology and Environment, 2019-2, 35-52. DOI:10.4408/IJEGE 2019-02-O-03
- Radina B. (1973) *Saggio e note illustrative di una carta geologico tecnica (tav. 189 III SE “Matera Nord”)* Geol. Appl. ed Idrog., VIII.
- Simeone V., Doglioni A., Lacertosa R.M., Sdao F. (2019) *Environmental and Geological Characters and Stability Problems in the Historic Centre of Matera (South Italy)*, A. Shakoor and K. Cato (eds.), IAEG/AEG Annual Meeting Proceedings, ISBN 978-3-319-93127-2 (eBook); San Francisco, California, 2018—Volume 2, 161-168; https://doi.org/10.1007/978-3-319-93127-2_23

4. Caratteri geologici, geomorfologici, stratigrafici ed idrogeologici dell'area studiata

La zona oggetto della presente relazione è caratterizzata da una media acclività verso ovest e vi affiorano, al di sotto di una modesta copertura di riporti antropici e/o di terreno vegetale e depositi limoso sabbiosi di coltre superficiale, litotipi ascrivibili alla formazione delle Calcareniti di Gravina. Localmente i litotipi calcarenitici possono essere più profondi per effetto di piccole incisioni morfologiche di qualche decina di centimetri di profondità livellate dagli interventi di urbanizzazione dell'area.

Si tratta di litotipi calcarenitici a granulometria media ed a luoghi grossolana, di colore bianco giallastro fino ad una profondità, con grado di cementazione abbastanza variabile o in ogni caso fratturate, il cui spessore è sicuramente superiore a 10-15 m. Si tratta di calcareniti mediamente cementate, localmente dette "tufi", facenti parte della formazione geologica delle Calcareniti di Gravina (auct.) (Pliocene superiore – Pleistocene inferiore).

Le calcareniti poggiano con un contatto caratterizzato da una lacuna stratigrafica sui sottostanti calcari cretaci ascrivibili alla formazione del Calcere di Altamura (auct.). In base alle indagini esperite, anche in aree contermini, ed in base ai valori di velocità si può ritenere che i calcari siano presenti ad una profondità stimata non inferiore a 20-25 m dall'attuale piano di campagna, ed in ogni caso ad una profondità non significativamente interessata dal punto di vista ingegneristico.

Il corpo calcarenitico deve essere stato interessato da fratturazioni legate al sollevamento tettonico, significative ed i cui effetti si rilevano nel diverso grado di cementazione e di resistenza del materiale.

Dal punto di vista idrogeologico non si rileva la presenza di falde a profondità ingegneristicamente significative, salvo la circolazione di modesti quantitativi di acque di infiltrazione negli strati di materiale sciolto dei riporti e del terreno agrario. Dal punto di vista idrogeologico le calcareniti possono essere considerate come un mezzo poco permeabile che può dare luogo a fenomeni di ruscellamento superficiale.

4.1 Modello geologico del sottosuolo

L'indagine svolta ha consentito di definire i caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici geomorfologici del sito e di costruire con il livello di approfondimento richiesto da questa fase progettuale il modello geologico di sottosuolo del sito ai sensi del D.M. 17.01.18 come segue.

Stratigrafia di riferimento

			Falda
00.00		Coltri superficiali costituite da depositi limoso sabbiosi, terreno di riporto e vegetale e materiale di riempimento e delle urbanizzazioni.	
0.50 – 2.00		Calcareniti bianco giallastre a grana media debolmente cementate ed a luoghi farinose. Calcareniti di gravina (Pleistocene Inf.)	assente
15.00 - 25.00			
		Calcari teneri di colore biancastro nocciola. Calcari di Altamura (Cretaceo)	

Stralcio Carta geologica dell'area (dallo *Studio Geologico Tecnico per il Regolamento Urbanistico* – Comune di Matera - agg. 2014 – Carta Geologica - Tav. GEO1a redatto dal Dott. M. Lupo e dallo scrivente) con indicazione dell'area di interesse (★)



Formazioni della Fossa Bradanica:



Argille subappennine: argille ed argille marnose piu' o meno siltose, grigio-azzurre o giallastre con, al tetto, fossili marini. Pleistocene Inf.



Calcareni (Tufo) di Gravina: calcareniti a grana fine e calcareniti organogene di colore bianco-giallastre piu' o meno cementate. Pleistocene Inf.

5. Indicazioni preliminari per la caratterizzazione geotecnica operativa

Nel seguito si farà riferimento principalmente alle caratteristiche geomeccaniche delle calcareniti poiché il materiale di riempimento sarà rimosso dagli scavi di sbancamento.

Il comportamento meccanico d'insieme dell'ammasso roccioso calcarenitico è fortemente condizionato sia dalla resistenza meccanica della roccia integra sia dalla presenza delle zone di materiale meno cementato e dalla presenza di giunti e discontinuità che lo attraversano. Non è quindi possibile attribuire all'intero ammasso roccioso, nel suo complesso, una resistenza pari a quella dei blocchi elementari; anche perché i giunti e le discontinuità sono, in generale, dotati di caratteristiche meccaniche (resistenza e deformabilità) più scadenti. La presenza di giunti favorisce fra l'altro l'infiltrazione di acqua che può dar luogo a processi di alterazione e corrosione che danno luogo ad un degrado delle caratteristiche meccaniche della roccia.

La resistenza meccanica delle calcareniti può variare notevolmente da punto a punto in funzione del grado di diagenesi, del tenore di cemento calcareo, dell'assortimento granulometrico e del grado di saturazione. Prove geotecniche di laboratorio eseguite, in aree contermini a quella di interesse, consistenti in prove di rottura a compressione ad espansione laterale libera, previo misura del peso di volume hanno evidenziato un peso di volume di circa 18 kN/m^3 e valori di resistenza a compressione rottura mediamente maggiori di 1 MPa e deformazioni assiali a rottura inferiori all'1,5%. E' stata pertanto evidenziata una media resistenza a compressione e una discreta rigidità meccanica, in quanto i valori del modulo elastico a rottura sono risultati superiori a 150 MPa ma non superiori a 500 MPa.

La letteratura scientifica (Cotecchia e Grassi, 1975 e Baldassarre, 1990) indica per le calcareniti affioranti a Matera i seguenti valori delle principali caratteristiche geotecniche: peso dell'unità di volume compreso fra 13 e 19 kN/m^3 peso dei grani pari a $25\text{-}26.5 \text{ kN/m}^3$ ($2.6\text{-}2.7 \text{ g/cm}^3$), porosità compresa fra 30% e 50% grado di compattezza compreso fra 0.4 e 0.65 coefficiente di imbibizione variabile da 15% a 40%, infine resistenza a compressione ed a trazione (metodo brasiliano) rispettivamente comprese fra 1.5 e 3.5 MPa e fra 0.15 e 0.5 MPa.

In base ai risultati delle indagini eseguite, ed alle conoscenze di letteratura scientifica ed alle esperienze pregresse dello scrivente è stato possibile definire il modello geotecnico di riferimento, assegnando ai litotipi calcarenitici i valori numerici

operativi, o caratteristici di riferimento da utilizzare ai fini dei calcoli di ingegneria, ritenendo gli stessi sufficientemente affidabili e cautelativi:

$$\gamma = 18-19 \text{ kN/m}^3 \text{ (1,8 – 1,9 t/m}^3\text{)}$$

$$\sigma_r = 0,8 \text{ MPa (8 kg/cm}^2\text{)}$$

$$c' = 35 \text{ kPa (0,35 kg/cm}^2\text{)}$$

$$\phi' = 35^\circ$$

$$\text{Modulo elastico} \quad E = 150-200 \text{ MPa (1500-2000 kg/cm}^2\text{)}$$

$$\text{Coefficiente di poisson} \quad \nu = 0,2$$

$$K_{\text{winkler vert}} = 10-15 \text{ kg/cm}^3$$

$$K_{\text{winkler oriz}} = 8 \text{ kg/cm}^3$$

6. Categoria di sottosuolo e spettri di risposta

In base alle conoscenze pregresse dello scrivente si può ritenere che la velocità media delle onde di taglio nei primi 30 m di spessore sia compresa fra 600 e 900 m/s, tuttavia in assenza di specifiche indagini in sito a titolo cautelativo si ritiene che salvo diverse valutazioni del progettista sia preferibile assumere una categoria di sottosuolo di tipo B.

Il D.M. 17.01.18 ha confermato per la valutazione delle azioni sismiche da utilizzare in fase di progettazione una procedura basata sulla valutazione della *pericolosità sismica di base* del sito. Questa viene definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido (categoria A) nonché delle caratteristiche dello spettro di risposta elastica del sito, con riferimento a determinate probabilità di accadimento. In particolare la normativa ha definito 3 parametri di riferimento:

Simbolo	Parametro
a_g	Accelerazione orizzontale massima al sito
F_0	Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
T_c^*	Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

Fornendo per tutto il territorio nazionale i valori di detti parametri necessari per la determinazione delle azioni sismiche.

La normativa ha poi definito gli stati limite in stati limite di esercizio e di danno fissando per ciascuno stato limite la probabilità di superamento durante la vita utile dell'opera.

Stati limite			Probabilità di superamento durante la vita utile (%)
di esercizio	Stato limite di operatività	SLO	81
	Stato limite di danno	SLD	63
Ultimi	Stato limite di salvaguardia della vita	SLV	10
	Stato limite ultimo	SLU	5

La norma introduce poi un coefficiente di amplificazione stratigrafica S_S funzione della categoria di sottosuolo e dei parametri F_0 ed a_g ed un fattore topografico S_T che nel caso in esame può essere assunto pari ad 1. Il valore dell'accelerazione massima al sito è

$$a_{gmax} = a_g \times S_S \times S_T$$

Per il sito oggetto di studio sono state determinate le coordinate geografiche:

$$N = 40,679352; \quad E = 16,577620$$

Ed attraverso il programma fornito dal Ministero delle infrastrutture sono stati valutati i 3 parametri di riferimento per diversi tempi di ritorno:

Tr (anni)	a _g (g)	F ₀	T _c '
30	0,038	2,476	0,282
50	0,050	2,513	0,306
72	0,059	2,554	0,321
101	0,072	2,455	0,331
140	0,083	2,478	0,337
201	0,097	2,482	0,342
475	0,136	2,508	0,351
975	0,173	2,556	0,355
2475	0,227	2,620	0,361

Sempre utilizzando il programma fornito dal Ministero delle infrastrutture si è assunta una vita utile delle costruzioni di 50 anni in classe 1 e si è provveduto per ciascuno stato limite definito dalla norma a valutare i parametri di progetto (a_g, F₀ e T_c'), i coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica e quindi il valore di a_{max}.

$$a_{\max} = a_g \times S_s \times S_T$$

Stato limite	Tr (anni)	a _g (g)	F ₀	T _c '	S _s	S _T	a _{max} (g)
SLO	30	0,038	2,476	0,282	1,2	1	0,046
SLD	50	0,050	2,514	0,306	1,2	1	0,060
SLV	475	0,136	2,508	0,351	1,2	1	0,163
SLC	975	0,173	2,557	0,355	1,2	1	0,208

7. Indicazioni preliminari sulle fondazioni e sulla capacità portante

In generale stanti le buone caratteristiche meccaniche delle calcareniti si può ritenere ragionevole adottare delle fondazioni superficiali. Per quanto riguarda il massimo carico da trasmettere al terreno con le opere di fondazione occorre considerare che il valore del carico limite che applicato da una struttura a contatto con il terreno, produce la rottura del complesso terreno opera è funzione sia della geometria e delle caratteristiche della struttura a contatto con il terreno sia delle caratteristiche meccaniche del terreno stesso, oltre che delle pressioni interstiziali. Il carico limite o “capacità portante” o “portanza” non è quindi una caratteristica del terreno, come ancora, talvolta, erroneamente si ritiene, ma una grandezza correlata alle caratteristiche meccaniche del terreno stesso, al tipo di struttura che trasmette i carichi al terreno, alla geometria dell'insieme terreno struttura profondità del piano di trasmissione dei carichi, inclinazione del terreno, nonché alle condizioni piezometriche al contorno.

In particolare è possibile calcolare la capacità portante massima del terreno utilizzando il classico approccio di Terzaghi che consente di calcolare il carico limite come:

$$Q_0 = \frac{1}{2} \gamma B N_g s_g + c N_c s_c + q N_q s_q$$

Dove γ è il peso di volume del terreno, B è la larghezza della fondazione c è la coesione q è il carico litostatico alla profondità del piano di posa, i parametri a sono dei coefficienti correttivi che tengono conto della forma della fondazione. I fattori N_g , N_c ed N_q dipendono dall'angolo di attrito del materiale, mentre i fattori s dipendono oltre che dai fattori N dall'angolo di attrito. Nel caso specifico trattandosi di fondazione nastriforme pensando i valori dei fattori s_i sono stati assunti pari ad 1.

Procedendo al calcolo in conformità a quanto previsto dal Cap. 6 del D.M. 17.01.2008 si è proceduto a valutare il valore di progetto della resistenza geotecnica (R_d) secondo quanto previsto dall'approccio 2, utilizzando per il calcolo i seguenti coefficienti parziali M_2 ed R_2 ed in particolare:

$$\gamma_c = 1 ; \gamma_\phi = 1 ; \gamma_R = 2,3$$

Nel calcolo della resistenza geotecnica di progetto sono stati utilizzati i valori c' e ϕ' indicati nella modellazione geotecnica:

$$c' = 35 \text{ kPa}$$

$$\phi' = 35^\circ$$

Calcolando i parametri N in base alle indicazioni dell'eurocodice 7

$$N_q = 33,30$$

$$N_c = 46,12$$

$$N_g = 45,23$$

ed assumendo una fondazione nastriforme caratterizzata da una larghezza di 1 m posta ad una profondità di 50 cm dal piano di campagna si ha:

$$B = 1 \text{ m}$$

$$q = 0,5 \times 18,5 = 9,2 \text{ kN/m}^2$$

calcolando la resistenza di progetto come

$$R_d = 1/\gamma_R \{ \frac{1}{2} \gamma B N_g s_g + c N_c s_c + q N_q s_q \}$$

Si ottiene una resistenza di progetto pari a:

$$R_d = 969 \text{ kPa}$$

Il calcolo è stato anche ripetuto considerando solo la resistenza a rottura della calcarenite assumendo:

$$\gamma_{or} = 0,8 \text{ MPa}$$

Nel calcolo della resistenza geotecnica di progetto è stato utilizzato il valore di σ_r ed in particolare σ_r^* dove:

$$c' = \sigma_r / 2 = 400 \text{ kPa}$$

Calcolando i parametri N in base alle indicazioni dell'eurocodice 7

$$N_q = 1$$

$$N_c = 5,14$$

$$N_g = 0$$

ed assumendo una fondazione nastriforme caratterizzata da una larghezza di 1 m posta ad una profondità di 50 cm dal piano di campagna si ha:

$$B = 1 \text{ m}$$

$$q = 0,5 \times 18,5 = 9,2 \text{ kN/m}^2$$

calcolando la resistenza di progetto come

$$R_d = 1/\gamma_R \{ \frac{1}{2} \gamma B N_g + c N_c + q N_q \}$$

Si ottiene una resistenza di progetto pari a:

$$R_d = 898 \text{ kPa}$$

Valore comparabile con quello calcolato in precedenza che si ritiene possa essere considerate quindi come valore di riferimento. Tuttavia in generale quando il terreno di appoggio della fondazione è costituito da roccia non si pone in modo significativo il problema della sua resistenza, almeno secondo il concetto di capacità portante. In questi casi la rottura del terreno di fondazione lapideo può avvenire per cause differenti da quelle legate al superamento della resistenza a taglio della roccia. Può

essere infatti legata alla presenza di fratture o zone con scadenti caratteristiche meccaniche, il carico limite determinato con le usuali formule per il calcolo della capacità portante va quindi considerato come un mero valore indicativo che costituisce più un limite superiore che un effettivo valore di riferimento. Deve comunque porsi molta attenzione nella scelta del massimo valore di sforzo da trasmettere al piano di posa delle fondazioni, per evitare che pur essendo molto lontani dalla rottura possano verificarsi delle plasticizzazioni locali e delle deformazioni che possano indurre piccoli cedimenti differenziali che si manifestino con piccoli dissesti alle costruzioni.

Non deve essere considerato eccessivamente prudentiale adottare coefficienti di sicurezza più elevati dei minimi previsti dalla normativa, laddove, pur essendo distanti da pericoli strutturali, si vogliano evitare dissesti alle costruzioni.

Nello specifico si ritiene preferibile evitare di utilizzare tensioni massime sul terreno superiori a 500 kPa (5 kg/cm²).

8. Considerazioni conclusive

Sulla base dello studio svolto si ritiene che le caratteristiche geologiche, geomorfologiche e geologico-tecniche dell'area studiata siano note con una approssimazione adeguata agli scopi della presente relazione. In ogni caso quanto descritto, andrà verificato attraverso specifici approfondimenti in sede di progetto definitivo-esecutivo.

In base a quanto rilevato e descritto in precedenza si ritiene che non vi siano particolari problemi di carattere geologico e geomorfologico che possano ostacolare la realizzazione delle opere oggetto della presente relazione. In particolare non vi sono segni di fenomeni di instabilità (movimenti franosi) o di una dinamica morfologica particolarmente attiva che potrebbe creare problemi alle opere, né le opere possono essere interessate da escursioni della falda. Particolare attenzione andrà invece posta alle acque di ruscellamento superficiale che dovranno essere convogliate e regimate.

Per quanto attiene le fondazioni della costruzione, salvo gli specifici approfondimenti da sviluppare in sede di progetto definitivo-esecutivo si ritiene che possano essere adottate fondazioni di tipo superficiale stanti le buone caratteristiche meccaniche della calcarenite, evitando di trasmettere al terreno tensioni superiori a 500 kPa (5 kg/cm²).

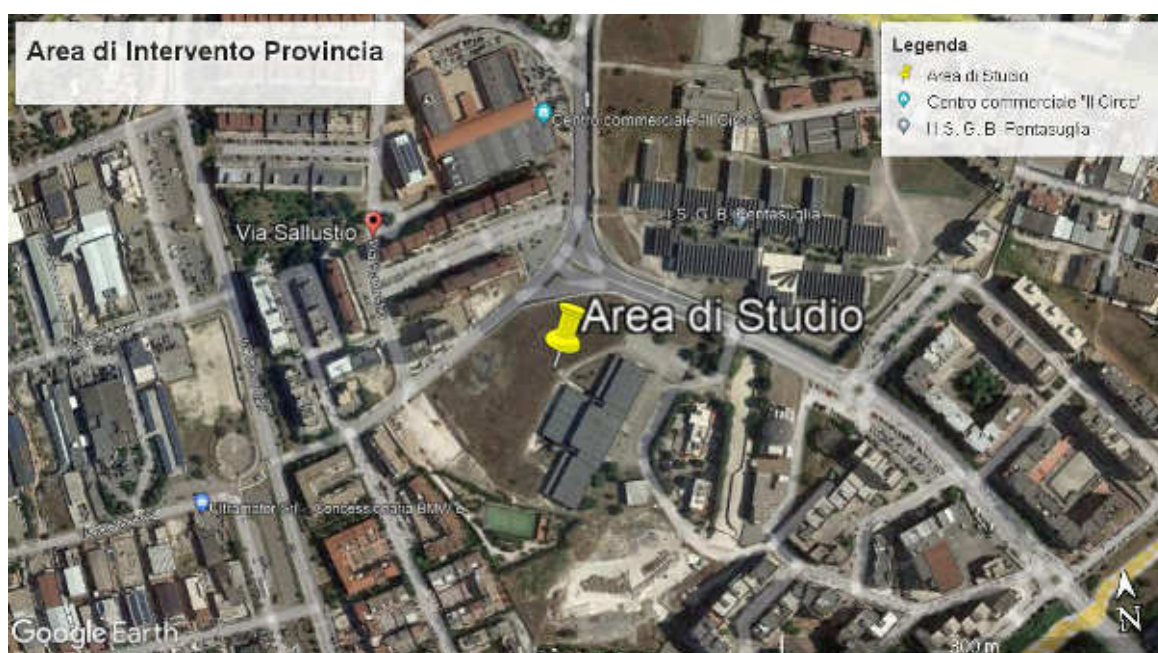
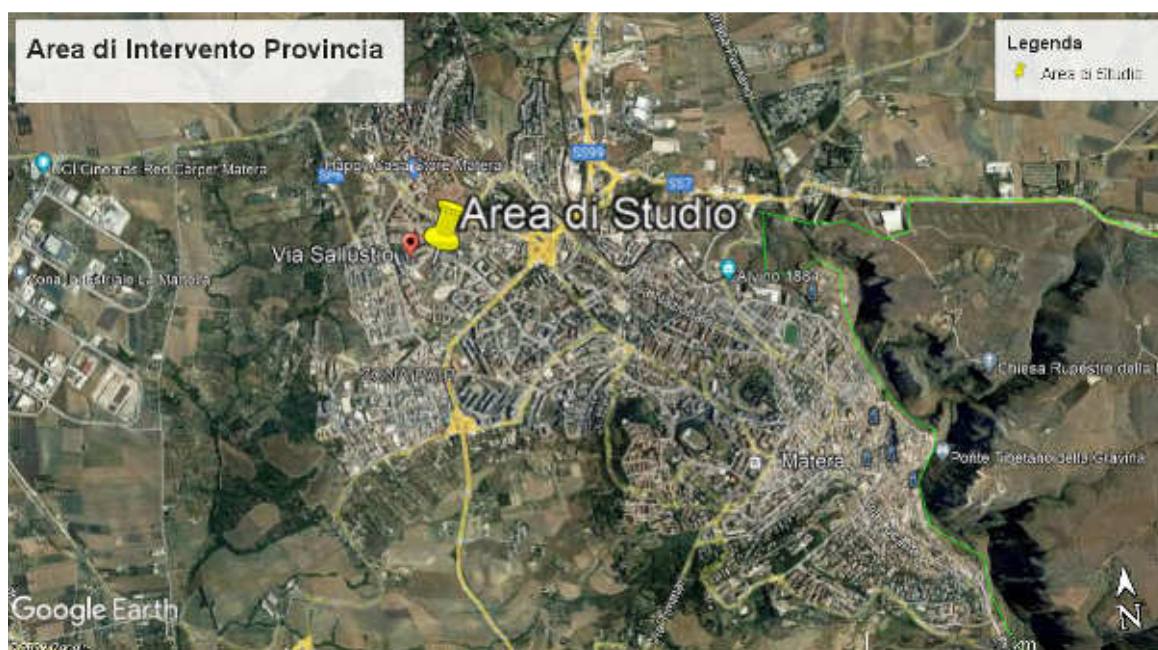
Quanto sopra per l'incarico ricevuto.

Matera, febbraio 2022

Dott. Geol. Angelo VENEZIA



Ubicazione dell'area di interesse da Google Earth

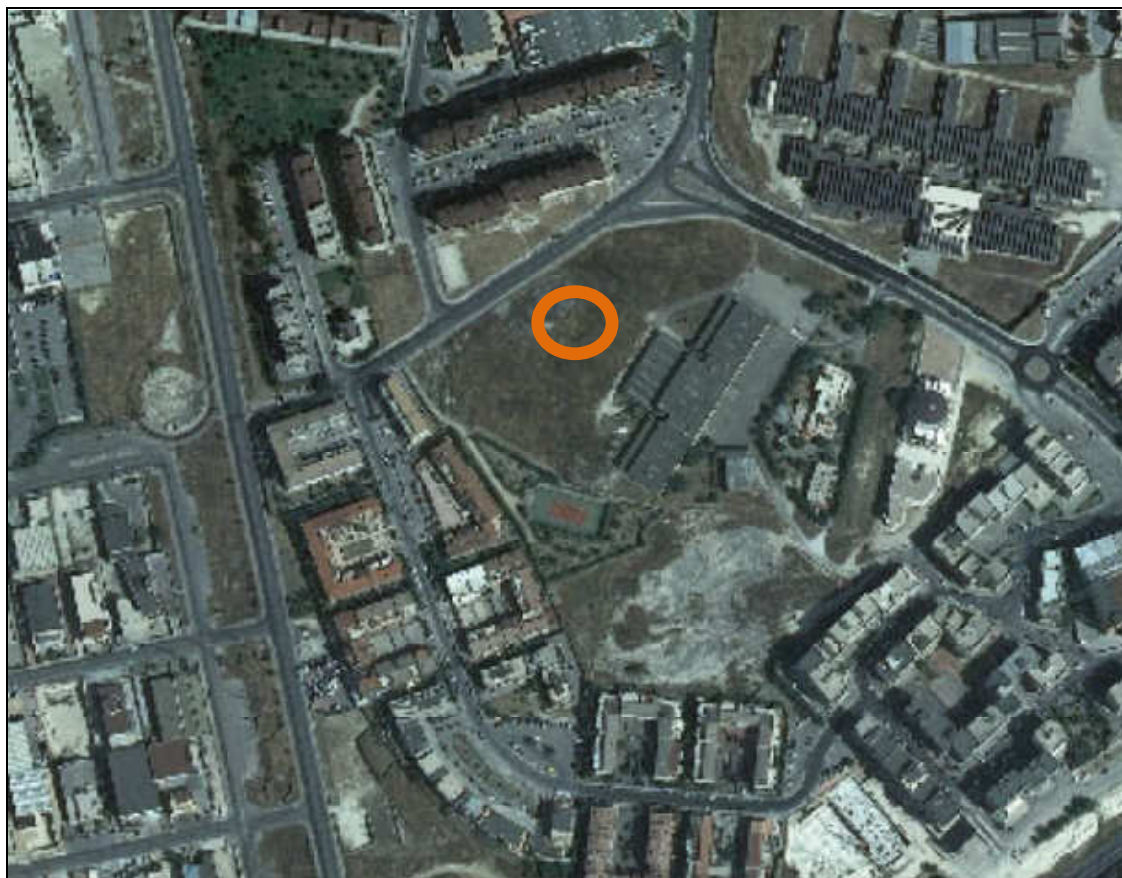


Stralcio della planimetria del piano per la difesa dal rischio idrogeologico, "Carta del rischio" dell'AdB della Basilicata tav. B21 - 1:25.000 con indicazione dell'area interessata dall'opera







-  R4 - Aree a rischio idrogeologico molto elevato
-  R3 - Aree a rischio idrogeologico elevato
-  R2 - Aree a rischio idrogeologico medio
-  R1 - Aree a rischio idrogeologico moderato
-  P - Aree pericolose
-  ASV - Aree assoggettate a verifica idrogeologica

Stralcio Tav-472111 - 1:10.000 del PAI AdB Basilicata con indicazione dell'area interessata dall'intervento



Tipologie di rischio:

-  R4 - molto elevato
-  R3 - elevato
-  R2 - medio
-  R1 - moderato
-  ASV - aree assoggettate a verifica idrogeologica
-  P - aree pericolose

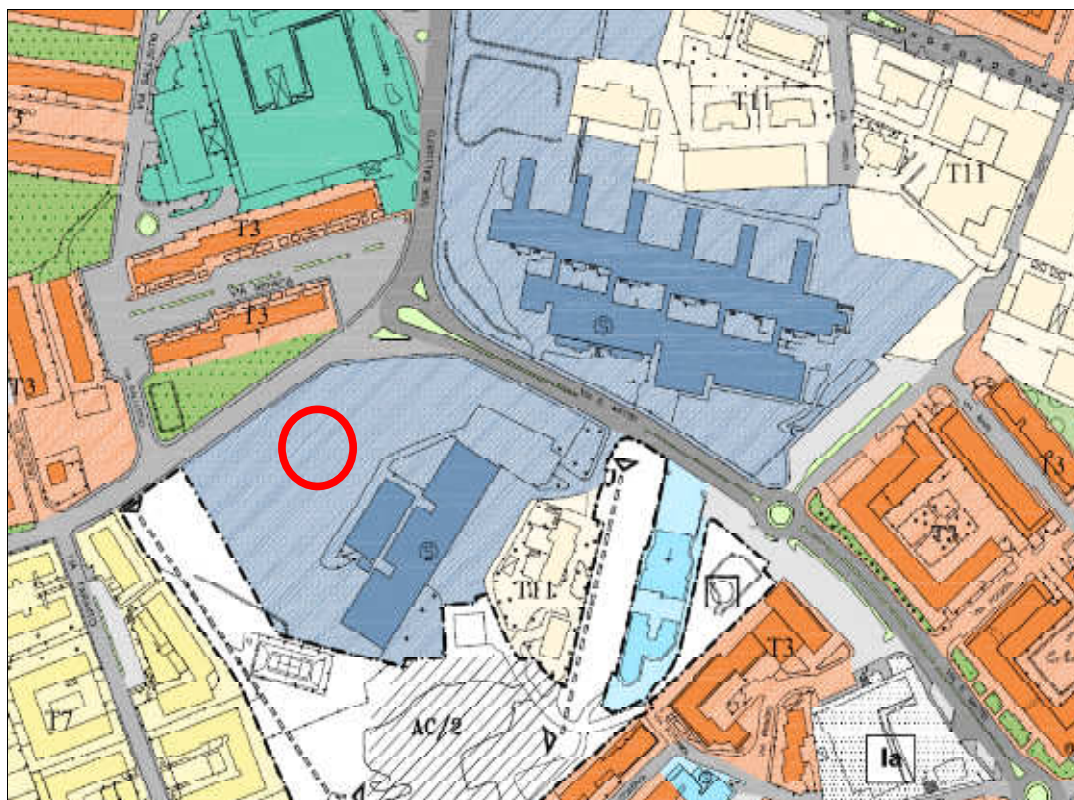
Elaborati richiesti dalla delibera Regionale 575 del 4 agosto 2009

A) Corografia in scala non inferiore a 1:10.000 con indicazione dell'area di intervento

Si riporta di seguito uno stralcio della carta dell'area urbana di interesse con indicazione dell'area di intervento



B) Stralcio dello Strumento Urbanistico Generale attuativo con indicazione dell'area di intervento



C - Carta geologica

Stralcio Carta geologica dell'area (dallo *Studio Geologico Tecnico per il Regolamento Urbanistico* – Comune di Matera - agg. 2014 – Carta Geologica - Tav. GEO1a redatto dal Dott. M. Lupo e dallo scrivente) con indicazione dell'area di interesse ()



Formazioni della Fossa Bradanica:



Argille subappennine: argille ed argille marnose piu' o meno siltose, grigio-azzurre o giallastre con, al tetto, fossili marini. Pleistocene Inf.



Calcareniti (Tufo) di Gravina: calcareniti a grana fine e calcareniti organogene di colore bianco-giallastre piu' o meno cementate. Pleistocene Inf.

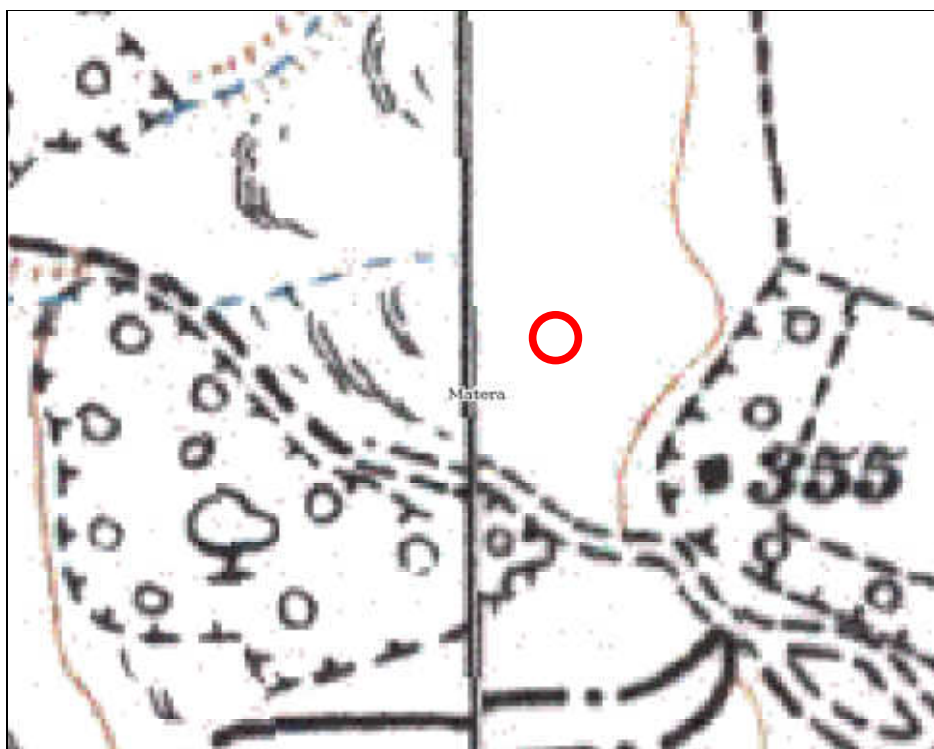
D) Sezione geologica

Stratigrafia di riferimento

			Falda
00.00		Coltri superficiali costituite da depositi limoso sabbiosi, terreno di riporto e vegetale e materiale di riempimento e delle urbanizzazioni.	
0.50 – 2.00		Calcareniti bianco giallastre a grana media debolmente cementate ed a luoghi farinose. Calcareniti di gravina (Pleistocene Inf.)	assente
15.00 - 25.00			
		Calcari teneri di colore biancastro nocciola. Calcari di Altamura (Cretaceo)	

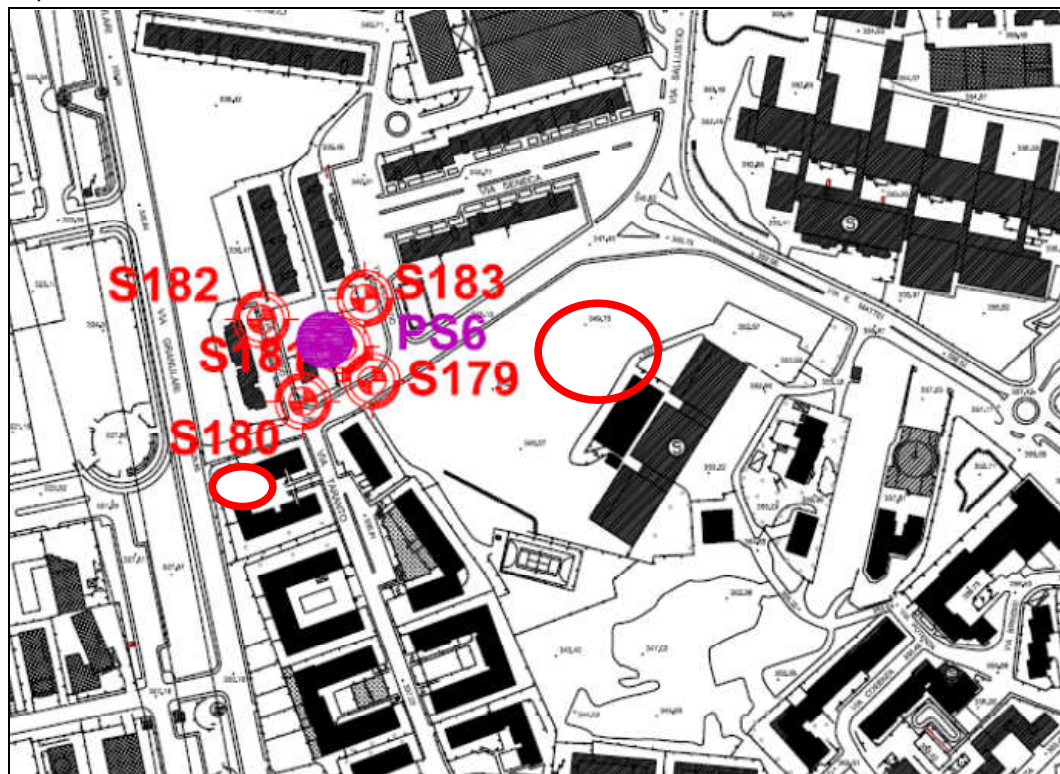
E) carta geomorfologica

Stralcio dalla carta topografica 1:25.000 ingrandita al 2000 con indicazioni delle direttrici di deflusso e l'area di interesse



F) Indagini geognostiche eseguite e/o consultate

Stralcio della Carta delle indagini consultate dallo scrivente tratta dallo Studio Geologico Tecnico per il Regolamento Urbanistico – Comune di Matera - agg. 2014 – Carta Geologica - Tav. GEO3a redatto dal Dott. M. Lupo e dallo scrivente. In Figura è riportata l'ubicazione indicativa dell'area di intervento rispetto all'area interessata dallo strumento urbanistico.



G) Modello geologico tecnico del sottosuolo ai sensi delle NTC 2018, in scala non inferiore a 1:500 con indicazione delle pericolosità geologiche ed un quadro di sintesi delle indicazioni geologico tecniche utili al progettista

Sulla base dello studio svolto si ritiene che le caratteristiche geologiche, geomorfologiche e geologico-tecniche dell'area studiata siano note con una approssimazione adeguata agli scopi della presente relazione. In ogni caso quanto descritto, andrà verificato attraverso specifici approfondimenti in sede di progetto definitivo-esecutivo.

In base a quanto rilevato e descritto in precedenza si ritiene che non vi siano particolari problemi di carattere geologico e geomorfologico che possano ostacolare la realizzazione delle opere oggetto della presente relazione. In particolare non vi sono segni di fenomeni di instabilità (movimenti franosi) o di una dinamica morfologica particolarmente attiva che potrebbe creare problemi alle opere, né le opere possono essere interessate da escursioni della falda. Particolare attenzione andrà invece posta alle acque di ruscellamento superficiale che dovranno essere convogliate e regimate.

Per quanto attiene le fondazioni della costruzione, salvo gli specifici approfondimenti da sviluppare in sede di progetto definitivo-esecutivo si ritiene che possano essere adottate fondazioni di tipo superficiale stanti le buone caratteristiche meccaniche della calcarenite, evitando di trasmettere al terreno tensioni superiori a 500 kPa (5 kg/cm²).

S Stratigrafia di riferimento

			Falda
00.00		Coltri superficiali costituite da depositi limoso sabbiosi, terreno di riporto e vegetale e materiale di riempimento e delle urbanizzazioni.	
0.50 – 2.00		Calcareniti bianco giallastre a grana media debolmente cementate ed a luoghi farinose. Calcareniti di gravina (Pleistocene Inf.)	assente
15.00 - 25.00			
		Calcari teneri di colore biancastro nocciola. Calcari di Altamura (Cretaceo)	

Indicazioni per la modellazione geotecnica dei litoitipi del modello geologico

La resistenza meccanica delle calcareniti può variare notevolmente da punto a punto in funzione del grado di diagenesi, del tenore di cemento calcareo, dell'assortimento granulometrico e del grado di saturazione. In prima approssimazione possono assumersi i seguenti valori di riferimento:

$$\gamma = 18-19 \text{ kN/m}^3 \text{ (1,8 – 1,9 t/m}^3\text{)}$$

$$\sigma_r = 0,8 \text{ MPa (8 kg/cm}^2\text{)}$$

$$c' = 35 \text{ kPa (0,35 kg/cm}^2\text{)}$$

$$\phi' = 35^\circ$$

$$\text{Modulo elastico} \quad E = 150-200 \text{ MPa (1500-2000 kg/cm}^2\text{)}$$

$$\text{Coefficiente di poisson} \quad \nu = 0,2$$

$$K_{\text{winkler vert}} = 10-15 \text{ kg/cm}^3$$

$$K_{\text{winkler oriz}} = 8 \text{ kg/cm}^3$$

H) Verifiche di stabilità del versante in assenza ed in presenza di opere

Trattandosi di un'area a debole acclività con substrato calcarenitico pressoché affiorante le verifiche di stabilità risultavano prive di significato.

I) Bibliografia degli studi e delle indagini consultate

- Baldassarre G. (1990) *Zonazione geologico tecnica della città di Matera* Geol. Appl. ed Idrog., XXV, 181-194;
- Cherubini C., Di Cuia N., Pagliarulo R. & Ramunni F.P (1996) *Caratteri petrografici e meccanici delle calcareniti di Matera* Mem. Soc. Geol. It. 51 , 761-769;
- Ciaranfi N., Pieri P. & Ricchetti G. (1988a). *Carta geologica delle Murge e del Salento (scala 1:250 000)*. Atti 74° Congr. Naz. S.G.I. Sorrento, vol. B.
- Ciaranfi N., Pieri P. & Ricchetti G. (1988b). *Note alla carta geologica delle Murge e del Salento (Puglia centromeridionale)*. Mem. Soc. Geol. It., 41, 449-460.
- Società Geologica Italiana (1999) *Guide Geologiche Regionali: Puglia e Monte Vulture – prima parte* BE-MA editrice
- Cotecchia V. & Grassi D. (1975) *Stato di conservazione dei “sassi” di Matera (Basilicata) in rapporto alle condizioni geomorfologiche e geomeccaniche del territorio e alle azioni antropiche* Geol. Appl. ed Idrog., vol. X, 55-105
- Lupo M., Gallipoli M. R. (2012) - *Caratterizzazione dei terreni e risposta sismica locale dell'area urbana di Matera*. Volume Speciale “Tecniche speditive per la stima dell'amplificazione sismica e della dinamica degli edifici. Studi teorici ed applicazioni professionali” a cura di Marco Mucciarelli, Aracne Editore, ISBN 978-88-548-4495-7, 323-342
- Lupo M., Venezia A.R. (2014) *Studio Geologico Tecnico per il Regolamento Urbanistico – Comune di Matera* - agg. 2014
- Lupo M., Genevois R., Tecca P.r. (2019) *Physical and mechanical characteristics of the Gravina Calcarene (Southern Italy)* Italian Journal of Engineering Geology and Environment, 2019-2, 35-52. DOI:10.4408/IJEGE 2019-02-O-03
- Radina B. (1973) *Saggio e note illustrative di una carta geologico tecnica (tav. 189 III SE “Matera Nord”)* Geol. Appl. ed Idrog., VIII.
- Simeone V., Doglioni A., Lacertosa R.M., Sdao F. (2019) *Environmental and Geological Characters and Stability Problems in the Historic Centre of Matera (South Italy)*, A. Shakoor and K. Cato (eds.), IAEG/AEG Annual Meeting Proceedings, ISBN 978-3-319-93127-2 (eBook); San Francisco, California, 2018—Volume 2, 161-168; https://doi.org/10.1007/978-3-319-93127-2_23