



Città di Palermo

**Assessorato della Rigenerazione
Urbana e delle OO.PP.**

Settore OO.PP.

**Servizio Infrastrutture e
Servizi a rete**

**Dirigente Capo Settore:
Dott. Maurizio Pedicone**

**RUP:
Ing. Margherita Di Lorenzo
del Casale**

**Coord. della Progettazione:
Ing. Roberto Cairone**

**Coord. per la Sicurezza in
fase di Progettazione:
Ing. Giovanni Riccobono**

Palermo luglio 2021



GRUPPO TECNICO DEL SERVIZIO INFRASTRUTTURE E SERVIZI A RETE

SUPPORTO AL RUP:

Ing. Antonio Mazzon
Arch. Giacomo Cabasino
Ing. Leonardo Triolo
Collab. Ammin. Carmelo Cammarata

GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

Ing. Roberto Cairone
Geom. Natale Schiera
Geom. Luigi D'Agostino
Ing. Giovanni Riccobono

VISTI

PROGETTO DEFINITIVO ESECUTIVO

Agenda Urbana PO FESR 2014/2020

Progetto AU_PA_4.1.3.b

“Adozione soluzioni tecnologiche per
la riduzione dei consumi energetici
delle reti di pubblica illuminazione
con sistemi automatici di regolazione
- Efficientamento impianti di pubblica
illuminazione della Circonvallazione e aree
limitrofe della città di Palermo”

**TAV.
T**

**RELAZIONE
GEOLOGICA E
GEOTECNICA**

Progetto: Agenda Urbana PO FESR 2014/2020 – Progetto AU_PA_4.1.3.b – “Adozione soluzioni tecnologiche per la riduzione dei consumi energetici delle reti di pubblica illuminazione con sistemi automatici di regolazione - <i>Efficientamento impianti di pubblica illuminazione della Circonvallazione e aree limitrofe della città di Palermo</i> ”- Elaborato: Relazione Geologica, Idrogeologica e Geotecnica	Data: Luglio 2021	Rev. Rev. 0	Pagina Page 1/14
--	------------------------------------	---------------------------------	--------------------------------------

Relazione Geologica, Idrogeologica e Geotecnica

Progetto: Agenda Urbana PO FESR 2014/2020 – Progetto AU_PA_4.1.3.b – “Adozione soluzioni tecnologiche per la riduzione dei consumi energetici delle reti di pubblica illuminazione con sistemi automatici di regolazione - <i>Efficientamento impianti di pubblica illuminazione della Circonvallazione e aree limitrofe della città di Palermo</i> ”- Elaborato: Relazione Geologica, Idrogeologica e Geotecnica	Data: Luglio 2021	Rev. Rev. 0	Pagina Page 2/14
--	------------------------------------	---------------------------------	--------------------------------------

INDICE

1	Premessa	3
2	Inquadramento geografico ed opere da realizzare.....	3
3	Lineamenti di geologia generale e considerazioni litostratigrafiche	5
4	Lineamenti geomorfologici ed idrografia superficiale	7
5	Lineamenti di idrogeologia	10
6	Considerazioni litotecniche dei terreni di fondazione	10
7	Conclusioni	12

Progetto: Agenda Urbana PO FESR 2014/2020 – Progetto AU_PA_4.1.3.b – “Adozione soluzioni tecnologiche per la riduzione dei consumi energetici delle reti di pubblica illuminazione con sistemi automatici di regolazione - <i>Efficientamento impianti di pubblica illuminazione della Circonvallazione e aree limitrofe della città di Palermo</i> ”- Elaborato: Relazione Geologica, Idrogeologica e Geotecnica	Data: Luglio 2021	Rev. Rev. 0	Pagina Page 3/14
--	------------------------------------	---------------------------------	--------------------------------------

1 PREMESSA

Il progetto denominato Agenda Urbana PO FESR 2014/2020 – Progetto AU_PA_4.1.3.b – “Adozione soluzioni tecnologiche per la riduzione dei consumi energetici delle reti di pubblica illuminazione con sistemi automatici di regolazione - *Efficientamento impianti di pubblica illuminazione della Circonvallazione e aree limitrofe della città di Palermo*”, redatto ai sensi del D.Lgs. 50 del 18/04/2016 e s.s.m.i., ha come finalità principale la sostituzione di un congruo numero di apparecchi di illuminazione con lampade a vapori di mercurio (non più in produzione) o SAP con sorgenti luminose più efficienti energeticamente e cromaticamente equivalenti.

Il presente studio è stato articolato:

- sui dati riportati nel Piano Regolatore Generale e nelle Carte di Dettaglio;
- sull’analisi dei dati stratigrafici presenti in letteratura tecnica e reperiti presso gli uffici comunali.

Si precisa che, in considerazione della vastità dell’area di intervento, dell’elevato numero e costo delle indagini dirette (trivellazioni e scavi a pozzo) che si sarebbero dovute progettare e fare eseguire, della tipologia progettuale di intervento consistente essenzialmente nell’installazione di pali di illuminazione con base costituita da un plinto di dimensioni massime di 1.00*1.00 m e di altezza massima pari ad 1.00 m e trincee per la posa in opera di cavidotti di alimentazione della profondità massima 0.70 m dall’odierno p.c., essendo abbastanza nota la successione stratigrafica dell’area cittadina in questione (vedi indagini in sito consultate) ed essendo esclusivamente superficiali gli interventi da eseguire, concordemente alla Stazione appaltante ed al gruppo di progettazione si sono omesse tali indagini.

Per quanto riguarda i dati geologici generali, la letteratura tecnica specializzata consultata è stata: “*Carta geologica dei Monti di Palermo*”, in scala 1:50.000, redatta da R. Catalano et alii, a cura del C.N.R. e dell’Ente Minerario Siciliano, il Nuovo P.R.G. del comune di Palermo e “*Il sottosuolo di Palermo*” redatti dal dott. geol. P. Todaro.

2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO ED OPERE DA REALIZZARE

Le aree oggetto di intervento sono ubicate lungo l’asse viario costituito dal Viale della Regione Siciliana, denominato Circonvallazione, ed in alcune aree ad essa adiacenti della città di Palermo, che nell’ultimo trentennio ha subito un’intensa opera di urbanizzazione, con la realizzazione di numerosi edifici a più piani f.t., con carichi di incidenza sui terreni di fondazione di gran lunga superiori a quelli previsti nel presente progetto.

Complessivamente i terreni presenti nella Piana di Palermo e nei monti che la circondano hanno raggiunto il loro attuale assetto geomorfologico in seguito a vicissitudini geologiche e ad una morfogenesi di epoca plioquaternaria, di cui si dirà in seguito.

Relativamente alle indicazioni di progetto, si riporta di seguito una breve sintesi della relazione tecnica, rimandando per i dettagli tecnici alle tavole ed elaborati progettuali.

L’intervento prevede, ove necessario, il rifacimento dell’intero impianto con l’installazione di apparecchi di illuminazione stradale a basso consumo. L’identificazione degli impianti da rinnovare e quindi dell’area interessata dai lavori è finalizzata ad eliminare il maggior numero possibile di cabine serie, vetuste ed ormai

Progetto: Agenda Urbana PO FESR 2014/2020 – Progetto AU_PA_4.1.3.b – “Adozione soluzioni tecnologiche per la riduzione dei consumi energetici delle reti di pubblica illuminazione con sistemi automatici di regolazione - <i>Efficientamento impianti di pubblica illuminazione della Circonvallazione e aree limitrofe della città di Palermo</i> ”- Elaborato: Relazione Geologica, Idrogeologica e Geotecnica	Data: Luglio 2021	Rev. Rev. 0	Pagina Page 4/14
--	------------------------------------	---------------------------------	--------------------------------------

obsolete, creando nuovi impianti in derivazione. Tale obiettivo assume un’interessante valenza sinergica stante il fatto che, con altre progettazioni in ambito Agenda Urbana e PON Metro e FAS, l’Amministrazione ha inteso riqualificare parte degli impianti di pubblica illuminazione della zona nord di Palermo mediante la realizzazione di nuovi impianti in derivazione, utilizzando le più nuove tecnologie a LED e dotati di sistema di controllo intelligente per la regolazione del flusso luminoso nelle ore notturne.

Le cabine serie alimentano gli impianti più vecchi della città, la maggior parte risalenti agli anni 60 e 70. Il rifacimento di questi con nuovi impianti di illuminazione in derivazione consente non solo di poter utilizzare corpi illuminati ad alta efficienza energetica (LED) ma anche di eliminare i notevoli costi legati alla manutenzione delle cabine stesse.

Mediante questo intervento sarà possibile dismettere le seguenti cabine serie Fondo Bracco, Montecarlo, Nuova, Pecoraro, Oreto 2 ed efficientare gli impianti in derivazione afferenti alle cabine: Oreto, Regione Siciliana – Oreto corsie centrale , Regione Siciliana – Oreto corsie laterali, Regione Siciliana- Basile, Regione Siciliana- Bonagia, Regione Siciliana- ZIN, Regione Siciliana Tranchina, Calatafimi e Belgio ed afferenti ai quadri di tutta viale Regione Siciliana (via Regione Siciliana civ. 9918, via Regione Siciliana- Calatafimi, via Regione Siciliana- Rosso di S. Secondo via Regione Siciliana lato monte, Via Regione Siciliana –Lazio, via Regione Siciliana ang. Pitrè e via Regione Siciliana-Pitrè) ed ancora al quadro Giorgione 2, al quadro di Piazza Eistein, dove parte degli impianti sono stati già rifatti recentemente con la realizzazione del tram ed infine saranno efficientati anche gli impianti in derivazione aventi i quadri in via Monte Cuccio, via Paisiello ed accanto la cabina di viale Lazio in muratura.

Pertanto l’area di intervento investe un’ampia area che attraversa tutta la città con Viale Regione Siciliana ed alcune aree a nord ed a sud della stessa.

La ricollocazione di nuovi sostegni e apparecchi di illuminazione in posizione limitrofa a quelli ubicati precedentemente, - l’impianto vecchio non può essere infatti dismesso se non è completamente realizzato ed in funzione il nuovo -, consente di operare in prossimità delle aree già occupate dai sottoservizi e quindi limitare l’interessamento degli strati più profondi, ove potrebbero verificarsi interferenze con eventuali ritrovamenti sotterranei.

Il nuovo impianto consente la sostituzione di 3322 punti luce di cui di cui 675 SAP da 400/350 W, 266 SAP da 210/250W, 142 SAP da 150/70W, 323 lampade a vapori di mercurio da 400W, 1613 da 250W e 203 da 125 W rispettivamente con armature stradali con sorgente LED con armature stradali con sorgente LED e flusso luminoso maggiore di 20000 lumen (152), con armature stradali con sorgente LED e flusso luminoso maggiore di 16000 lumen (1813), armature stradali con sorgente LED e flusso luminoso maggiore di 10000 lumen (123), armature stradali con sorgente LED e flusso luminoso maggiore di 4000 lumen (532) e armature stradali con sorgente LED e flusso luminoso maggiore di 2000 lumen (227) per un totale di 2847 nuovi punti luce.

Inoltre verranno sostituiti tutti i 344 proiettori collocati sulle torri faro esistenti con 55 proiettori a LED con flusso luminoso maggiore di 77600 lumen e con 32 proiettori a LED con flusso luminoso maggiore di 38800

Le fasi salienti degli interventi, nelle linee generali, sono:

1. scavi ed interventi edili per l’esecuzione di cavidotti, pozzetti e blocchi di fondazione;

Progetto: Agenda Urbana PO FESR 2014/2020 – Progetto AU_PA_4.1.3.b – “Adozione soluzioni tecnologiche per la riduzione dei consumi energetici delle reti di pubblica illuminazione con sistemi automatici di regolazione - <i>Efficientamento impianti di pubblica illuminazione della Circonvallazione e aree limitrofe della città di Palermo</i> ”- Elaborato: Relazione Geologica, Idrogeologica e Geotecnica	Data: Luglio 2021	Rev. Rev. 0	Pagina Page 5/14
--	------------------------------------	---------------------------------	--------------------------------------

2. installazione dei pali, delle armature stradali e dei quadri elettrici;
3. collocazione dei cavi elettrici e relativi collegamenti con successiva attivazione dei circuiti;
4. dismissione degli impianti esistenti con recupero, ove possibile, della componentistica ancora utilizzabile ai fini della manutenzione.

La tipologia delle lavorazioni effettuate non prevede grosse movimentazioni di materiale scavato e la profondità d'interesse sarà al massimo di un metro dall'odierno piano stradale.

3 LINEAMENTI DI GEOLOGIA GENERALE E CONSIDERAZIONI LITOSTRATIGRAFICHE

I caratteri geologici e litologici generali dell'area oggetto delle osservazioni saranno di seguito riportati allo scopo di mettere in evidenza gli aspetti di maggiore importanza quali la natura, la giacitura e la struttura dei litotipi presenti.

L'inizio della evoluzione geomorfologica può farsi risalire alla fine del Pliocene, momento in cui inizia l'emersione dell'edificio a falde, impilate dalla precedente tettonica compressiva mio-pliocenica.

Alla fine della fase compressiva pliocenica si instaura un regime tettonico distensivo, caratterizzato da faglie ad alto angolo, che hanno determinato l'altitudine dei rilievi e l'andamento morfologico dei versanti.

Nel prequaternario il tetto del substrato argilloso-marnoso era alquanto irregolare, quale risultato della tettonica plicativa e disgiuntiva pliocenica, che ha dato luogo a nette rotture di pendenza e gradini morfostrutturali e solcato ed eroso da numerosi torrenti che traevano origine dai circostanti rilievi montuosi.

Successivamente, con la trasgressione quaternaria si genera l'ambiente deposizionale delle calcareniti e sabbie, di acque basse e agitate (ambiente neritico infralittorale), con condizioni comunque mutevoli, che si riflettono nella varietà delle litofacies, in dipendenza del regime delle correnti apportatrici di materiali sciolti di differente granulometria, della irregolarità morfologica della formazione di base argillo-marnosa e del regime dei paleofiumi.

Alla fine del Pleistocene medio l'importante fase distensiva della neotettonica avrebbe portato a termine l'emersione dei rilievi che circondano la Piana ed il mare avrebbe modellato la piana costiera, cosicché, dopo l'ultima emersione, i dintorni di Palermo avrebbero assunto l'assetto morfologico attuale.

Nell'ambiente continentale successivamente si viene a sviluppare la rete idrografica che si viene ad incassare nel deposito calcarenitico.

Sulla base di un rilevamento geologico ampiamente esteso e dai dati desunti dalla letteratura tecnica specializzata citata in premessa è stato possibile ricostruire la successione dei terreni nell'ambito del territorio studiato, con particolare riferimento all'oggetto dell'intervento.

Dall'analisi dei sondaggi meccanici analizzati e di seguito commentati, la serie litostratigrafica in sito si compone dall'alto verso il basso dei seguenti litotipi:

1. terreni di riporto;
2. sabbie limose e limi sabbiosi variamente addensati con intercalazioni di sabbie e ghiaie, livelli di arenarie calcaree, biocalcareni quaternarie, variante cementate.

I “terreni di riporto” appaiono costituiti - a tratti - da depositi continentali recenti frammisti a terre rosse residuali oltre a sfabbricci accumulati lì nel tempo.

Progetto: Agenda Urbana PO FESR 2014/2020 – Progetto AU_PA_4.1.3.b – “Adozione soluzioni tecnologiche per la riduzione dei consumi energetici delle reti di pubblica illuminazione con sistemi automatici di regolazione - <i>Efficientamento impianti di pubblica illuminazione della Circonvallazione e aree limitrofe della città di Palermo</i> ”- Elaborato: Relazione Geologica, Idrogeologica e Geotecnica	Data: Luglio 2021	Rev. Rev. 0	Pagina Page 6/14
--	------------------------------------	---------------------------------	--------------------------------------

Tale orizzonte è sempre presente, con “potenze” molto variabili in relazione alla superficie topografica originaria, ai livellamenti e/o scavi che si sono succeduti nel tempo.

Dall’analisi dei dati litostratigrafici riportati nella presente, lo spessore di tale orizzonte areati varia, in maniera del tutto casuale da 0,50 m ad oltre i 3,00 m.

Le “sabbie limose e limi sabbiosi variamente addensati con intercalazioni di sabbie e ghiaie, livelli di arenarie calcaree, biocalcareniti quaternarie, variante cementate”, rappresentano il letto del citato orizzonte areato e sono costituite anch’esse da uno spessore variabile, il quale diminuisce andando dalla costa verso le pendici mesozoiche poste verso Sud.

Questo complesso geologico appare essere composto per lo più da numerose eteropie di facies, che nella successione stratigrafica presentano sequenze litologiche ritmiche, cicliche e talora casuali.

Tali depositi, come detto, sono il prodotto sia delle variazioni glacio-eustatiche del Pleistocene medio-superiore, sia di movimenti orogenetici legati alle fasi neotettoniche, le quali hanno condizionato le fasi di sedimentazione, differenziando i diversi apporti; è, infatti, facile riscontrare variazioni granulometriche sia in senso orizzontale, sia verticale.

Al contrario, dove la sedimentazione è avvenuta in maniera tranquilla, senza i disturbi prima detti, si ha una certa omogeneità nella struttura dei litotipi descritti, con una certa omogeneità strutturale di questi.

Le calcareniti, difatti, si possono presentare da grossolane, a cavernose a ben cementate; talora, invece, a grana fine, ricche di sabbia quarzosa ed in tal caso appaiono come vere e proprie arenarie.

Sovente si presentano in grossi banchi, talora in strati sottili con intercalazioni di straterelli siltitici e presentano variazioni cromatiche che spaziano dal biancastro al giallastro.

In generale, la copertura quaternaria può essere divisa in due litofacies principali trovantesi distintamente nella parte settentrionale della città ed in quella meridionale.

Le prime, costituite da quelle poste più a Nord della città (zona di Monte Pellegrino, Via dei Cantieri, Villa Sperlinga), si presentano biancastre, granulometricamente omogenee, a prevalente contenuto calcitico e con rari livelli argilloso-sabbiosi; sovente risultano tenere e con inclusi noduli più cementati, i quali appaiono avere una distribuzione irregolare e densità varia.

Per circa il 50% risultano costituite da un minuto tritume di fossili a guscio calcareo (lamellibranchi, briozoi, gasteropodi, foraminiferi, ecc.) legato da una matrice calcarea e raramente silicea.

A volte, in corrispondenza dei giunti di stratificazione si hanno sottili strati più cementati che con molta probabilità sono dovuti alla circolazione di acqua vadosa, che seguendo le vie preferenziali di minore resistenza (giunti), solubilizzano i gusci calcarei depositandoli sotto forma cristallina.

In generale, si può notare in tale complesso una isorientazione dei clasti calcitici a spigoli vivi.

Le seconde, trovantesi nella parte meridionale della città, oltre che nella parte Nord-Ovest (Viale Regione Siciliana, Via Uditore, ecc.) si presentano con variazioni laterali e verticali e con notevoli intercalazioni argilloso-sabbiose.

Il colore varia da giallastro a bianco sporco, con cemento calcitico e siliceo, sovente a grana grossa e con sottili livelli arenacei.

Progetto: Agenda Urbana PO FESR 2014/2020 – Progetto AU_PA_4.1.3.b – “Adozione soluzioni tecnologiche per la riduzione dei consumi energetici delle reti di pubblica illuminazione con sistemi automatici di regolazione - <i>Efficientamento impianti di pubblica illuminazione della Circonvallazione e aree limitrofe della città di Palermo</i> ”- Elaborato: Relazione Geologica, Idrogeologica e Geotecnica	Data: Luglio 2021	Rev. Rev. 0	Pagina Page 7/14
--	------------------------------------	---------------------------------	--------------------------------------

Bisogna specificare che in tutto il complesso calcarenitico è sovente, come già detto, una variabilità granulometrica legata all’alternanza continua delle condizioni di sedimentazione, dovuta ad un regime di correnti apportatrici di fanghiglie e al prevalere, talora, di quelle altre che hanno permesso la sedimentazione calcarenitica o sabbiosa o ghiaiosa.

In generale, quindi, l’ambiente di sedimentazione di tali materiali doveva essere di acque basse ed agitate (ambiente neritico-infralitorale), dove le correnti rimaneggiano di continuo il materiale deposto, producendo varie laminazioni ed apportando nuovo materiale ghiaioso e sabbioso.

Inoltre, l’azione delle descritte correnti marine ha favorito il trasporto dei gusci dei molluschi che si sono così accumulati in livelli caratteristici o in nidi e ha favorito e potenziato la minuziosa triturazione dei molti molluschi che arrivavano in quel ambiente deposizionale.

Circa lo spessore di tale deposito quaternario, da quanto riportato in letteratura tecnica, questi non risulta inferire ai 30 metri dal piano campagna.

Infine, laddove viene investigato il bedrock (-20 e -45 m dal p.c.), questi risulta costituito principalmente dalle argilliti della Formazione geologica nota come Flysch Numidico (Oligocene- Miocene) all’interno delle quali è sovente presenta arenaria quarzosa in banchi decimetrici. ora in banchi decimetrici.

Dall’analisi dei dati stratigrafici fin qui riportati è possibile definire che è presente con una certa continuità uno spessore di “*terreno areato*” (terreni di riporto), generalmente di riporto posto sui litotipi afferenti al pleistocene superiore, i quali, difatti, costituiscono il bedrock delle opere di interesse in considerazione del fatto che l’intervento proposto interesserà profondità massime di interesse di un metro dall’odierno p.c..

Inoltre, i litotipi pleistocenici risultano disposti su un bedrock geologico costituito dai litotipi alla Formazione del Flysch Numidico, la quale è rinvenibile a varie quote (in considerazione dell’originaria superficie di deposizione/erosione) ma comunque non inferiore a 20 m dall’odierno p.c.

Da tutto ciò, appare abbastanza intuitivo che risulta alquanto improbabile poter definire lo spessore di terreno areato presente in un determinato settore, come pure la sua assenza, in quanto tale variabile risulta legata sia all’originaria superficie di erosione pleistocenica, sia ai livellamenti antropici succedutesi nel tempo per dare vita all’odierno assetto cittadino.

Tuttavia, è possibile affermare che tale incertezza - in relazione alle opere da realizzare - non risulta pregiudizievole per una corretta definizione del progetto, a patto che vengano cautelativamente presi in considerazione come terreni di fondazione dei blocchi pali i “*terreni areati*”, aventi parametri geotecnici piuttosto scadenti.

4 LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI ED IDROGRAFIA SUPERFICIALE

A scala macroscopica, la zona di intervento oggetto di studio interessa la vasta spianata denominata “Piana di Palermo”, che si estende fino alla linea di costa e risulta essere contornata alle spalle da rilievi carbonatici triassici, noti in letteratura come “Monti di Palermo”.

I morfotipi che costituiscono il substrato dell’area in studio, oltre che quelli interessanti quasi l’intera piana, sono legati all’azione geomorfologica del mare del Pleistocene medio-superiore che ha ripetutamente invaso quest’area,

Progetto: Agenda Urbana PO FESR 2014/2020 – Progetto AU_PA_4.1.3.b – “Adozione soluzioni tecnologiche per la riduzione dei consumi energetici delle reti di pubblica illuminazione con sistemi automatici di regolazione - <i>Efficientamento impianti di pubblica illuminazione della Circonvallazione e aree limitrofe della città di Palermo</i> ”- Elaborato: Relazione Geologica, Idrogeologica e Geotecnica	Data: Luglio 2021	Rev. Rev. 0	Pagina Page 8/14
--	------------------------------------	---------------------------------	--------------------------------------

lasciando come tracce evidenti la grande spianata quaternaria.

Tale spianata è il prodotto dei vari abbassamenti eustatici del livello marino avvenuti, come già detto, nel Pleistocene e dei movimenti orogenetici a cui è stata sottoposta l'area in studio in tempi successivi.

In seno ai litotipi pleistocenici, caratteristici dell'area in studio, è possibile rinvenire, nella parte più superficiale, delle “tasche” di erosione riempite da paleosuoli (“terre rosse”), di colore dal rosso cupo al vinaccio.

Nel complesso, bisogna precisare che, in considerazione del fatto che l'area è fortemente urbanizzata, non si è potuto indagare direttamente l'andamento della superficie topografica originaria e le evoluzioni morfogenetiche subite dalla stessa.

La morfologia della Piana di Palermo, caratterizzata da una generale regolarità con pendenza dell'ordine dei 10-15°, rappresenta il risultato sia dell'azione del mare quaternario che di quella dei corsi d'acqua che la incidevano più o meno profondamente.

Ciò non di meno, dai sopralluoghi effettuati e dalla consultazione della letteratura tecnica specializzata già citata in premessa, si è rilevato un ambiente morfologico abbastanza tranquillo ed un'attività morfogenetica da nulla a molto ridotta, riconducibile, laddove non sono presenti opere di urbanizzazione, a localizzati fenomeni di erosione causata dall'acqua piovana battente.

Dal punto di vista idrografico, gli elementi che hanno lasciato tracce morfologiche nel vecchio tessuto urbano di Palermo – oggi quasi totalmente ricolmate - sono le antiche vallate dei “Fiumi Kemonia e Papireto”, e quella attuale del “Fiume Oreto” che costituisce ancora un elemento vivo nella idrografia della piana.

Il “Kemonia”, detto anche “Fiume del Maltempo”, lambiva l'attuale via Roma, attraverso un breve percorso che oggi coincide con le vie Castro, Ponticello, Calderai. La sua vallata doveva avere un'ampiezza notevole, ma il suo sviluppo longitudinale era molto breve.

Il “Papireto”, o “Fiume della Conceria”, aveva origine nella grande depressione di Denisinni ed arrivava al mare attraverso la depressione ancora oggi identificabile nel centro storico nelle Piazze San Cosimo, Monte di Pietà, S. Onofrio, Caracciolo.

Ancora una serie di canali attraversano la Piana, tra i più importanti dei quali il “Canale Passo di Rigano”, rinterrato in epoca recente che dalle pendici di “S. Martino delle Scale” attraversa le borgate di Boccadifalco, Passo di Rigano, Uditore e, più a valle, attraversa la parte nord della città, per scaricare direttamente al di fuori del Molo Nord del Porto, dopo avere attraversato Piazza Ucciardone.

Altro canale importante che attraversa la Piana di Palermo è il “Canale Boccadifalco”, costruito dopo l'alluvione del Febbraio 1931 a protezione della città, il quale scarica le acque del “Vallone Paradiso” e del “Vadduneddu” direttamente nel “Fiume Oreto”, all'altezza del “Ponte Corleone”.

Da qui, la configurazione della rete idrografica attuale nella Piana è il risultato delle numerose modificazioni naturali ed artificiali avvenute anche in tempi recenti a seguito di opere di bonifica.

Un elemento geomorfologico molto importante che interessa la Piana di Palermo, in particolar modo il centro cittadino, è la diffusa presenza di cavità naturali ed artificiali nel sottosuolo, che condizionano notevolmente il comportamento dei terreni di fondazione.

Le cavità naturali, di varie dimensioni e forma, si sono prodotte nel tempo dal lungo fluire di acque sotterranee

Progetto: Agenda Urbana PO FESR 2014/2020 – Progetto AU_PA_4.1.3.b – “Adozione soluzioni tecnologiche per la riduzione dei consumi energetici delle reti di pubblica illuminazione con sistemi automatici di regolazione - <i>Efficientamento impianti di pubblica illuminazione della Circonvallazione e aree limitrofe della città di Palermo</i> ”- Elaborato: Relazione Geologica, Idrogeologica e Geotecnica	Data: Luglio 2021	Rev. Rev. 0	Pagina Page 9/14
--	------------------------------------	---------------------------------	--------------------------------------

nella formazione calcarenitica e presentano una distribuzione irregolare.

Nella maggior parte dei casi tali cavità hanno forma lenticolare e si sono originate a causa delle acque circolanti che asportavano localmente gli intervalli sabbiosi della formazione lasciando i vuoti tra un bancone e l'altro di calcarenite ben cementata.

Tra le numerose cavità naturali di Palermo alcune hanno un'origine carsica. Per esempio lungo la circonvallazione, nei pressi di S. Lorenzo, si localizza una vasta rete di meandri e grotte carsiche, non ancora del tutto esplorate, che si sviluppano per centinaia di metri a cavallo della nuova circonvallazione in prossimità di “Villa Malatacca”.

Tra le cavità antropiche sono da citare i “qanat”, ossia antichi acquedotti del periodo arabo, scavati secondo lunghe gallerie debolmente inclinate, larghe non più di 40 cm ed alte circa 3-4 m, poste a profondità tale da intercettare la falda idrica; tali gallerie avevano la funzione di convogliare le acque dalle campagne verso la città.

Altre cavità antropiche nel sottosuolo di Palermo sono date da antiche cave di pietra in galleria (“muchate”) risalenti al periodo arabo. Tali cave iniziavano con lo scavo di una grande fossa di servizio e dal fondo di essa si penetrava nel sottosuolo attraverso gallerie orizzontali, le cui volte sono sostenute da pilastri quadrangolari, seguendo l'andamento degli strati calcarenitici idonei.

Oggi si rinviene un labirinto di lunghe gallerie disposte su uno o due livelli e le acque di falda rappresentano il limite massimo dello sfruttamento.

I dati oggi disponibili consentono di delimitare alcune zone in città dove esse sono maggiormente diffuse e, precisamente, nella zona settentrionale tra “Monte Pellegrino”, via “E. Restivo” e “P.zza Ucciardone”. Altre sono localizzate nella “Zona Oreto”, le quali si sviluppano tra “Corso Tukory” e “Via Monfenera” fino a raggiungere il cimitero di “S. Spirito”.

Infine, pare che altre cave siano diffuse nella zona compresa tra “Via P.pe di Palagonia” e “Via Leonardo da Vinci”.

Esistono, inoltre, altri tipi di cavità sono riscontrabili nel sottosuolo di Palermo, quali pozzi a pianta circolare o quadrata o ancora rettangolare, cavità a imbuto, le quali, con una stretta imboccatura a pozzo, lunga qualche metro, si allargano in un'ampia cavità sotterranea a forma di imbuto rovescio, in genere di forma circolare e diametro pari a diversi metri, cavità cilindriche a pozzo o caverne.

Si tratta per tutte di cavità di natura antropica il cui utilizzo è attribuibile a svariate funzioni quali pozzi idrici, granai, zone di estrazione di materiali per l'edilizia o altro ancora, così come le cavità interessanti le antiche aree cimiteriali della necropoli punica, consistente in centinaia di camere sepolcrali rinvenute nel sottosuolo cittadino su ambo i lati di “Corso Calatafimi”, tra “Piazza Indipendenza” e “Via Cuba”. Si tratta di piccole camere ipogeiche isolate, alte mediamente 1,65 m, a pianta quadrata o rettangolare.

In conclusione, gli innumerevoli studi condotti sulla Piana di Palermo, con in primis il Piano Regolatore cittadino, hanno permesso solo di contraddistinguere alcune aree ove è probabile rinvenire cavità sotterranee antropiche assimilabili ai “qanat”, alle “muchate” e alle antiche sepolture, mentre per quanto riguarda tutte le altre cavità antropiche è possibile affermare che il loro rinvenimento è stato spesso dovuto a circostanze del tutto casuali.

Da qui se ne deduce che, in considerazione della vasta presenza di cavità nel sottosuolo cittadino, per poter affermare con esattezza ove siano ubicate le cavità e poterne definire le geometrie spaziali e la profondità di

Progetto: Agenda Urbana PO FESR 2014/2020 – Progetto AU_PA_4.1.3.b – “Adozione soluzioni tecnologiche per la riduzione dei consumi energetici delle reti di pubblica illuminazione con sistemi automatici di regolazione - <i>Efficientamento impianti di pubblica illuminazione della Circonvallazione e aree limitrofe della città di Palermo</i> ”- Elaborato: Relazione Geologica, Idrogeologica e Geotecnica	Data: Luglio 2021	Rev. Rev. 0	Pagina Page 10/14
--	------------------------------------	---------------------------------	---------------------------------------

rinvenimento, si dovrebbe condurre uno studio geognostico e sismico molto esteso interessante l'intero tessuto urbano, oltre a rilevamenti speleologici di dettaglio, che, ovviamente, in considerazione della vastità del territorio e per il fatto che lo stesso risulta fortemente urbanizzato avrebbero costi molto elevati.

In conclusione, è possibile affermare che in virtù della tipologia delle opere da realizzare, visti i litotipi che costituiscono la sede naturale delle cavità, i limitati carichi in fondazione e l'incidenza superficiale che le opere eserciteranno sui terreni di fondazione, gran parte delle suddette opere non interferirà con le cavità presenti nel sottosuolo, le quali - laddove presenti (tranne per rare eccezioni) - mostrano, comunque, una zona di calotta di spessore di alcuni metri, capace di dissipare senza alcuna difficoltà i carichi trasmessi.

5 LINEAMENTI DI IDROGEOLOGIA

Com'è noto, la “permeabilità” delle rocce è uno dei fattori principali di condizionamento della circolazione delle acque in sottosuolo; in tal senso, assumono rilevante importanza la litologia, i fenomeni di alterazione superficiale ed in grande i movimenti tettonici, fattori che appaiono essere in stretta correlazione con le proprietà idrogeologiche delle differenti Formazioni rilevate in un determinato territorio.

Pertanto, in relazione ai suddetti fattori ed in considerazione della intrinseca “permeabilità” dei litotipi presenti, cioè dell'attitudine che hanno gli stessi nel lasciarsi attraversare dalle acque di infiltrazione efficace, è possibile classificare le rocce in differenti raggruppamenti:

- rocce impermeabili, nelle quali non hanno luogo percettibili movimenti d'acqua per mancanza di meati sufficientemente ampi attraverso i quali possono passare, in condizioni naturali di pressione, le acque di infiltrazione;
- rocce permeabili, nelle quali l'acqua di infiltrazione può muoversi o attraverso i meati esistenti fra i granuli che compongono la struttura della roccia (permeabilità per porosità e/o primaria), o attraverso le fessure e fratture che interrompono la compagine della roccia (permeabilità per fessurazione e fratturazione e/o secondaria).

Inoltre, in alcuni litotipi si manifesta una permeabilità “mista”, dovuta al fatto che rocce aventi una permeabilità primaria, sottoposte a particolari genesi, acquistano anche quella secondaria.

In considerazione della tipologia di opere da realizzare e della profondità di rinvenimento della falda freatica, si escludono interferenze tra la suddetta falda e le opere stesse.

6 CONSIDERAZIONI LITOTECNICHE DEI TERRENI DI FONDAZIONE

La successione dei terreni che caratterizzano il quadrante cittadino di cui al presente studio, da quanto rilevato dalle indagini dirette ed indirette consultate ed effettuate (già descritta nei precedenti paragrafi), è costituita da un variabile spessore di “terreni di riporto” (“di copertura”) sovrastante i litotipi riferibili al “Complesso pleistocenico”, costituiti da alternanze di “sabbie limose e limi sabbiosi variamente addensati con intercalazioni di sabbie e ghiaie, livelli di arenarie calcaree, biocalcareni quaternarie, variante cementate”.

La variabilità degli spessori dei “terreni di copertura” dipende principalmente dall'originario andamento della

Progetto: Agenda Urbana PO FESR 2014/2020 – Progetto AU_PA_4.1.3.b – “Adozione soluzioni tecnologiche per la riduzione dei consumi energetici delle reti di pubblica illuminazione con sistemi automatici di regolazione - <i>Efficientamento impianti di pubblica illuminazione della Circonvallazione e aree limitrofe della città di Palermo</i> ”- Elaborato: Relazione Geologica, Idrogeologica e Geotecnica	Data: Luglio 2021	Rev. Rev. 0	Pagina Page 11/14
--	------------------------------------	---------------------------------	---------------------------------------

superficie di deposizione su cui questi oggi si trovano adagiati e dai livellamenti che sono stati effettuati nel tempo al fine di definire l’odierna superficie cittadina. Da qui, ovviamente, l’incertezza nel poter definire univocamente lo spessore dei terreni di copertura.

Pertanto, considerata la natura dei terreni costituenti la successione litostratigrafica, sia per quanto attiene i cosiddetti terreni di copertura (antropici) sia per i depositi plio-pleistocenici (sedimentati in ambiente continentale o di transizione), a causa della complessità sedimentologica, della variabilità del grado di addensamento, consistenza e cementazione, non è possibile definire una parametrizzazione meccanica unitaria, ma piuttosto si dovrà necessariamente classificarli in un range.

Nelle linee generali si distinguono le seguenti Unità litotecniche:

- terreni di copertura:

depositi di copertura recenti ed attuali, costituiti da terreni di riporto e/o limi residuali. Solitamente si presentano come sabbia limosa e limo sabbioso di colore bruno-nerastro o giallo-rossastro con inclusi ghiaia a spigoli vivi, frammenti di laterizi e sfabbri e contenuto organico;

- litotipi di substrato:

sabbia a grana medio fina, sovente limosa, di colore da biancastro a giallo ocre, talora debolmente cementata o addensata, contenente noduli calcarenitici e/o sottili livelli di calcarenite ben cementata e calcarenite bioclastica a grana media e/o granulare, a zone vacuolare, di colore giallastro e biancastro, con grado di cementazione variabile, e/o a noduli ben cementati, da ben cementata e lapidea a debolmente cementata, tenera e talora friabile, in strati di spessore centimetrico e decimetrico alternati a subordinati e sottili livelli sabbiosi.

Possiamo quindi dedurre come sia ardua una classificazione univoca per i terreni di riporto, in quanto questa dipende puntualmente dai materiali lì depositati, addensati, ecc, mentre facendo riferimento al sistema di classificazione proposto dall’AGI (Associazione Geotecnica Italiana, 1977) l’unità litotecnica di substrato può essere inquadrata come una roccia “strutturalmente complessa”, ove sia la composizione granulometria, sia la cementazione e l’addensamento, sia i sistemi fratturativi e fessurativi presenti ne condizionano il comportamento.

Da ciò, per quanto riguarda i “terreni di substrato”, pur essendo presenti materiali che da un punto di vista geotecnico si presentano da “coerenti” a “scarsamente coerenti” a “sciolti”, si suggerisce, ai fini della definizione del modello geomeccanico del sottosuolo, di utilizzare soltanto il terzo raggruppamento. In generale, come detto, tale complesso è costituito di “rocce esogene” (sedimentarie) di natura meccanica (rocce clastiche), provenienti dal disfacimento di Formazioni calcaree, dolomitiche, arenacee ed in parte da Formazioni argillose fortemente preconsolidate.

L’arrotondamento degli elementi grossolani non è uniforme; ciò è dovuto alla composizione mineralogica della roccia dalla quale il materiale ha tratto origine, ed ai successivi processi di trasporto e deposito.

Da qui, l’arrotondamento risulta strettamente legato alla durata e alla modalità con le quali i materiali in questione sono stati trasportati dal punto di origine al luogo in cui si trovano attualmente.

Per avere utili indicazioni sul comportamento meccanico di tali materiali si è fatto riferimento ai risultati delle sperimentazioni eseguite in materiali simili riportati nella letteratura tecnica specializzata e su prove fatte eseguire dallo scrivente su materiali simili.

Progetto: Agenda Urbana PO FESR 2014/2020 – Progetto AU_PA_4.1.3.b – “Adozione soluzioni tecnologiche per la riduzione dei consumi energetici delle reti di pubblica illuminazione con sistemi automatici di regolazione - <i>Efficientamento impianti di pubblica illuminazione della Circonvallazione e aree limitrofe della città di Palermo</i> ”-	Data: Luglio 2021	Rev. Rev. 0	Pagina Page 12/14
Elaborato: Relazione Geologica, Idrogeologica e Geotecnica			

Le ricerche effettuate si riferiscono all’esecuzione di prove di laboratorio su campioni ed a prove e misure in sito su rocce sciolte a grana grossa di varia origine (depositi fluviali, glaciali, conglomeratici ecc.).

Da tali studi appare evidente che il comportamento meccanico di tali materiali dipende principalmente dalla loro composizione granulometrica, dalla forma e natura dei grani, dalla tessitura del deposito, dall’indice di addensamento (Dr) e dal contenuto d’acqua. In particolare le prove di rottura per compressione triassiale hanno fornito valori dell’angolo di attrito che hanno raggiunto anche i 37° in funzione del grado di addensamento (Dr), mentre la coesione è risultata avere valori molto scarsi e prossimi alla mezza tonnellata per metro quadrato.

Con riferimento ai risultati delle citate sperimentazioni, tenuto conto dell’eterogeneità dei depositi e del loro grado di addensamento, è possibile ricostruire un quadro dei range di variazione delle principali caratteristiche fisico-meccaniche dei suddetti materiali:

Unità	Litotipo	Parametri fisico-meccanici			
		γ t/m ³	c' t/m ²	ϕ' (°)	E t/m ²
Terreni di copertura	riporto e terreno colluviale	1,8-1,9	0	17-24	0,5 - 2
Terreni di substrato	sabbia limosa e sabbia	1,8-2,0	0-2	24-32	3 - 4
Terreni di substrato	arenaria variamente cementata	2,0-2,1	1-8	27-34	4 - 8

Si precisa che i dati su riportati sono la sintesi di risultanze di dati provenienti dall’analisi dei dati di letteratura e di prove sperimentali su campioni di roccia di analoga facies petrografica.

7 CONCLUSIONI

Le risultanze degli studi effettuati inducono ad affermare che il substrato in oggetto è costituito dai “sedimenti pleistocenici” che compongono una parte della vasta piana palermitana ed i cui valori di pendenza risultano molto ridotti in direzione Nord-Est i quali risultano ricoperti da un modesto spessore di terreni di riporto, variabile sia realmente che verticalmente, così come descritto dettagliatamente più sopra.

Relativamente alle componenti litostratigrafiche, nella fattispecie, per l’area in studio è possibile affermare che è presente con una certa continuità uno spessore di “*terreno areato*” (terreni di riporto), posto in discontinuità e discordanza sui litotipi afferenti al pleistocene superiore, i quali, difatti, costituiscono il bedrock delle opere di interesse in considerazione del fatto che l’intervento proposto interesserà, come descritto, profondità modeste.

Inoltre, i litotipi pleistocenici risultano disposti su un bedrock geologico costituito dai litotipi alla Formazione del Flysch Numidico, il quale è rinvenibile a varie quote (in considerazione dell’originaria superficie di deposizione/erosione) ma comunque non inferiore a 20 m dall’odierno p.c.

Tali litotipi risultano costituiti da frequenti alternanze cicliche, ritmiche e talora casuali (eteropie di facies) di “sabbie limose e limi sabbiosi variamente addensati con intercalazioni di sabbie e ghiaie, livelli di arenarie calcaree, biocalcareni quaternarie, variante cementate”.

Progetto: Agenda Urbana PO FESR 2014/2020 – Progetto AU_PA_4.1.3.b – “Adozione soluzioni tecnologiche per la riduzione dei consumi energetici delle reti di pubblica illuminazione con sistemi automatici di regolazione - <i>Efficientamento impianti di pubblica illuminazione della Circonvallazione e aree limitrofe della città di Palermo</i> ”- Elaborato: Relazione Geologica, Idrogeologica e Geotecnica	Data: Luglio 2021	Rev. Rev. 0	Pagina Page 13/14
--	------------------------------------	---------------------------------	---------------------------------------

Da quanto potuto rilevare dalla consultazione della letteratura tecnica specializzata e dai dati riportati nel “Piano Regolatore Generale”, viste le condizioni idrogeologiche dei terreni presenti, sono da escludersi interferenze tra la falda freatica presente nel complesso pleistocenico e le opere di cui al progetto.

Relativamente agli aspetti geomorfologici, visti gli studi condotti sulla Piana di Palermo, in primis il Piano Regolatore cittadino, è possibile affermare che soltanto una minima parte dell’area oggetto dello studio risulta interessata dalla probabile presenza di cavità sotterranee antropiche assimilabili ai “qanat”, alle “muchate e alle antiche cave di arenarie calcaree.

La presenza di dette cavità, in virtù della tipologia delle opere da realizzare, dei litotipi che costituiscono la sede naturale delle cavità e delle calotte, dei limitati carichi in fondazione che le opere eserciteranno sui terreni, non interferirà con le opere da realizzare.

Inoltre, in considerazione del fatto che gli interventi progettati interesseranno scavi di profondità non superiore al metro dall’odierno p.c., i terreni interessati saranno costituiti prevalentemente da terreni di riporto areati.

Pertanto, al fine del computo del costo degli scavi, non sussistono circostanze che suggeriscano di considerare terreni diversi da quelli di riporto, sia relativamente agli scavi per l’allocazione dei cavidotti che per il calcolo dei terreni di fondazione dei plinti dei pali di illuminazione, per i quali si dovrà fare esclusivamente riferimento a terreni di fondazione di tipo areato.

A tale fine, data la vastità delle aree di intervento e l’eterogeneità dei depositi ed il loro diverso grado di addensamento, si suggeriscono i seguenti parametri geotecnici, sufficientemente cautelativi, da utilizzare nel presente progetto nell’ambito delle verifiche di stabilità dei sostegni:

Unità	Litotipo	Parametri fisico-meccanici			
		γ t/m ³	c' t/m ²	φ' (°)	E t/m ²
Terreni di copertura	riporto e terreno colluviale	1,8-1,9	0	17-24	0,5 - 2

Pertanto, analizzate le condizioni planoaltimetriche, geomorfologiche, idrografiche ed idrogeologiche dei litotipi presenti, viste le opere descritte in progetto, l’intervento può ritenersi compatibile con le predette condizioni dei luoghi.

Palermo, luglio 2021

Il Geologo
Dott. Alfredo Gioietta

Il Coordinatore del Gruppo di Progettazione
Ing. Roberto Cairone

Progetto: Agenda Urbana PO FESR 2014/2020 – Progetto AU_PA_4.1.3.b – “Adozione soluzioni tecnologiche per la riduzione dei consumi energetici delle reti di pubblica illuminazione con sistemi automatici di regolazione - <i>Efficientamento impianti di pubblica illuminazione della Circonvallazione e aree limitrofe della città di Palermo</i> ”- Elaborato: Relazione Geologica, Idrogeologica e Geotecnica	Data: Luglio 2021	Rev. Rev. 0	Pagina Page 14/14
--	------------------------------------	---------------------------------	---------------------------------------