

*DOTT. GEOL. GIORGIO MILAZZO*

*Via Carlo Goldoni, 9 ☎ 091/6812219*

*90143 Palermo ☎ 3392825535*

## **1 - PREMESSA E GENERALITA'**

Con determinazione n. 91 del 30.04.2018, del Responsabile del Servizio, 3° Settore Tecnico del Comune di Palazzo Adriano, è stato conferito allo scrivente l'incarico di redigere lo Studio Geologico tecnico a supporto della Revisione del Piano Regolatore Generale del suddetto Comune.

Accettato l'incarico con la firma del relativo disciplinare, sono stati effettuati congiuntamente alla progettista del Piano Regolatore, Arch. Marina Marino ed al tecnico comunale, diversi sopralluoghi conoscitivi soprattutto sulle aree urbane che saranno interessate dalle opere di Revisione del Piano Regolatore Generale, dai quale sono emersi utili indicazioni.

Successivamente si è eseguito un attento rilevamento geologico di superficie, su tutto il territorio comunale, per inquadrare tutto il territorio nel contesto geomorfologico e geologico generale, nonché in quello geostratigrafico e strutturale.

Così come prescritto dalla Circolare ARTA 3/DRA del 20.06.2014, lo scrivente ha redatto un programma delle indagini geofisiche e geognostiche ritenute necessarie al fine di una più dettagliata e indispensabile caratterizzazione stratigrafica e geotecnica dell'area interessata dalle opere

previste nel presente P.R.G., con relativo Elenco Prezzi, Computo metrico estimativo e Capitolato speciale d'appalto.

In particolare sono stati eseguiti n. 3 sondaggi con trivella a rotazione del tipo a carotaggio continuo, spinti ciascuno ad una profondità di – 20,00 m dall'attuale piano di sedime.

I sondaggi eseguiti dalla ditta Geocima s.a.s. di Palermo, incaricata dall'Amministrazione comunale, hanno permesso di definire l'esatto spessore della coltre superficiale degradata presente, al top della formazione argillosa con interstratificazioni di brecce calcaree, di alcune aree del centro abitato che saranno oggetto di interventi previsti dal redigendo Piano.

Durante l'esecuzione dei sondaggi sono stati prelevati dei campioni indisturbati, che sono stati sottoposti ad analisi e prove geotecniche di laboratorio per la determinazione delle caratteristiche fisiche (*contenuto d'acqua, peso dell'unità di volume, peso specifico,*) e le caratteristiche meccaniche (*coesione  $c'$  ed angolo di attrito interno  $f'$* ), parametri utili per la redazione dello studio geologico per il P.R.G. ma anche a supporto di eventuali progetti di consolidamento.

Inoltre, sono state eseguite n. 6 prove sismiche attive MASW (Multichannel Analysis of Surface Wave), per la determinazione delle curve di dispersione delle onde superficiali di tipo Rayleigh generate con idonei sistemi e registrate con dei geofoni verticali per la restituzione dei profili delle velocità  $V_s$  nel sottosuolo.

E n. 5 prove sismiche passive, a stazione singola HVSR, per la valutazione della risposta sismica di sito mediante l'acquisizione del rumore sismico.

Tutte le indagini sono state ubicate all'interno del centro abitato e nelle zone periferiche dello stesso, in aree di passaggio tra due formazioni geologiche, in aree instabili o potenzialmente instabili, in aree urbane a rischio, come evidenziato dal P.A.I. vigente; in zone di completamento o interessate da attrezzature ed impianti di carattere generale, previsti dalla progettista del Piano e con la stessa concordate.

Lo studio si propone di fornire, in questa fase, il quadro generale delle condizioni di assetto dei terreni e delle formazioni presenti nel centro abitato e nella fascia periferica circostante.

In precedenza lo scrivente ha consegnato al Comune, la Relazione Geologica a supporto dello Schema di massima della data revisione del Piano Regolatore Generale, corredato dai seguenti allegati, relativi a tutto il territorio comunale:

- 1) la carta geologica, tav.le 1.1,1.2,1.3,1.4, in scala 1:10.000;
- 2) la carta geomorfologica, tav.le 3.1,3.2,3.3,3.4,in scala 1:10.000;
- 3) la carta idrogeologica, tav.le 2.1,2.2,2.3,2.4, in scala 1:10.000;
- 4) la carta delle pericolosità geologiche, tav.le 6.1, 6.2, 6.3, 6.4 in scala 1:10.000;
- 5) la carta della pericolosità sismica, tav.le 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, in scala 1:10.000;
- 6) la carta della suscettività all'edificazione, tav.le 5.1, 5.2, 5.3, 5.4 in scala 1:10.000;
- 7) la carta delle indagini geognostiche in scala 1:5.000.

Nello Schema di massima, i progettisti hanno individuato le aree da sottoporre a prescrizioni esecutive, la scelta progettuale è ricaduta sul Centro Storico.

Lo studio è stato anche integrato con i dati e gli elementi raccolti attraverso un meticoloso lavoro di consultazione di studi geologici redatti in passato all'interno nel centro abitato ed in tutto il territorio comunale.

La ricerca bibliografica e la documentazione, fornita dall'ufficio Tecnico del Comune e di altri colleghi geologi che hanno operato nella zona, hanno inoltre permesso di esaminare, di valutare e di utilizzare tutte quelle informazioni e tutti quei dati di carattere geologico - tecnico, geognostico, geo-strutturale e storico - ambientale, pertinenti alle condizioni di sviluppo dell'abitato e di assetto del territorio interessato.

Lo scrivente si avvale anche di una personale conoscenza dei luoghi per avere eseguito, in più di trentanni di attività, numerosi altri studi applicativi nel territorio comunale di Palazzo Adriano, ed in particolare lo "Studio per verificare la compatibilità dello studio geologico di supporto al P.R.G., alle prescrizioni del DA. 04/07/2000 e s.m.e i."; gli Studi Geologici per diverse Varianti al Programma di Fabbricazione, lo "Studio Geologico a supporto dell'istanza di concessione ed attingimento acqua, per uso idropotabile ed irriguo, dalle sorgenti "Fontana Grande" e "Fuscia"; lo "Studio Geologico per la ricerca di un sito idoneo, per la costruzione della discarica pubblica di rifiuti solidi urbani"; lo "Studio geologico per il progetto dei lavori di realizzazione di un muro di sostegno in via Purgatorio a salvaguardia della pubblica incolumità" e numerosi altri studi per conto di privati.

Ai sensi della vigente normativa, gli elaborati posti a corredo della presente relazione comprendono:

- per tutta la superficie ricadente entro il perimetro del centro abitato:
- 1) la carta geologica, delle aree di trasformazione urbanistica, tav. 1 in scala 1: 2.000;
  - 2) la carta geomorfologica, delle aree di trasformazione urbanistica, tav. 2 in scala 1: 2.000;
  - 3) la carta litotecnica, delle aree di trasformazione urbanistica, tav. 3 in scala 1: 2.000;
  - 4) la carta di sintesi per la Pianificazione generale, tav. 4 in scala 1:2.000;
  - 5) la carta delle indagini geognostiche, tav. 5 in scala 1:2.000.

Lo studio è stato eseguito in ossequio alle disposizioni di cui alla Circolare dell'Assessorato Regionale Territorio ed Ambiente, 3/DRA n. 28807 del 20/06/2014.

## **2- IL CENTRO ABITATO**

L'abitato di Palazzo Adriano sorge sul versante sinistro della valle del fiume Sosio, il paese dista quasi 90 km da Palermo; conta attualmente 2072 abitanti.

Il territorio si estende per 12.925 ha e confina a nord con i comuni di Prizzi e Corleone, a sud con i comuni di Burgio, Lucca Sicula e Bivona (AG), ad Est con il comune di Castronovo di Sicilia, ad ovest con Chiusa Sclafani e Bisacquino. E' l'ultimo paese della provincia di Palermo prima di entrare in provincia di Agrigento.

Il suo nucleo originario, posto alla sommità del colle di m 695 s.l.m., si trova in posizione predominante fra la serie di altopiani che lo circondano e la sottostante ampia vallata.

In questo particolare ambiente fisico l'insediamento dell'abitato si trova ubicato in posizione alquanto favorevole all'incrocio dell'originaria rete viaria che collega i centri di Sciacca, Agrigento e Palermo.

Lungo il percorso della SS 188 si sviluppano gli attuali collegamenti: verso Ovest in direzione di Bisacquino, Chiusa Sclafani, Giuliana, Sambuca di Sicilia, Portella Misilbesi e Sciacca; verso Est in direzione di Prizzi, Filaga, Lercara Friddi e da qui verso Palermo.

Dal Bivio Centovernari, che si trova alla periferia di Prizzi, la SS 118 assicura il collegamento con gli abitati di Corleone e Marineo, innestandosi successivamente nella SS 121 in direzione di Agrigento e di Palermo.

Per quanto riguarda le origini di Palazzo Adriano, sembra che un primitivo insediamento risalga all'epoca romana, da una "villa" di età imperiale.

Alcuni studiosi, e fra essi il prof. F. Oliveri , sostengono che tutta la zona circostante a Palazzo Adriano denota requisiti idonei agli insediamenti di epoca romana.

E' noto infatti che i Romani prediligevano per i loro insediamenti quei territori ben collegati con le principali vie di comunicazione, facilmente coltivabili e ricchi di acque. La presenza di boschi nei monti circostanti dava inoltre la possibilità di reperire con facilità legname e materie prime di vario tipo.

Altre fonti storiche indicano che già nel XII secolo esisteva in territorio di Prizzi un casale detto Palazzo Adriano. Tuttavia il paese rimasto praticamente disabitato durante il XIV secolo fu ripopolato nel XV secolo da una colonia militare di Albanesi e da successive ondate migratorie. Alla fine del XV secolo, infatti, in seguito alla caduta dell'Impero Romano d'Oriente, gli esuli albanesi scampati all'invasione turca, raggiunsero, il territorio dell'Italia Meridionale e della Sicilia.

Con la presenza degli esuli albanesi la comunità di Palazzo Adriano ebbe il suo sviluppo anche nelle epoche successive.

In seguito, l'inserimento di popolazioni provenienti da altre parti della Sicilia contribuì a creare la presenza di una comunità promiscua, di stirpe greco albanese e autoctona, mantenendosi pressochè inalterata sino ad oggi.

Sotto il profilo urbanistico, il nucleo più antico del comune si è sviluppato attorno al Castello, roccaforte preesistente all'avvento della comunità albanese.

Nell'area circostante a questo originario fortilizio si sono sviluppate le prime abitazioni.

L'assetto di questo primo nucleo appare spontaneo, poiché si articola tutto attorno a una rete di strade e vicoli alquanto tortuosi, anche con notevoli dislivelli.

Secondo il prof. Oliveri, anche per il centro urbano di Palazzo Adriano si può parlare di “piazza pubblica” a partire dalla seconda metà del secolo XVI. In quest'area, adibita a centro di sviluppo negli anni successivi, è collocata la fontana a pianta ottagonale del 1600. Assieme alle altre fontane che sorgono in vari punti del paese, viene così documentata l'abbondanza delle locali risorse idriche.

Dalla piazza dove sino al 1825 scorreva il “fiume della Noce”, che a valle del paese in direzione del Fiume Sosio, diventa “torrente Chiazza”, si dipartono con ordine irregolare strade e vicoli. Attorno alla piazza si trovano ubicati il Palazzo Municipale (Ex Palazzo Dara) e le due chiese principali: quella di rito greco - bizantino, costruita nel 1532 ed ampliata nel 1770, dedicata a Maria Santissima Assunta, e quella di rito latino, dedicata a Santa Maria del Lume, edificata negli anni 1740/1746, sull'antica chiesa di San Sebastiano.

Nel territorio di Palazzo Adriano ricade quell'area costituente il complesso paleontologico, individuabile nelle località della Pietra di Salomone, della Rupe di San Calogero, della Pietra dei Saraceni, della Rupe di Passo di Burgio e della Rocca di San Benedetto. I suddetti cinque blocchi calcarei, sono noti in tutto il mondo per il loro grande interesse paleontologico dato dalle ricchissime macro e micofaune (fossili), tra le più ben conservate, del Permiano in esse contenute.

L'esistenza del Permiano a Palazzo Adriano è stata segnalata per la prima volta nel 1887 da G. G. Gemmellaro, in quattro spuntoni calcarei. Successivamente ne fu scoperto un altro (Rupe di San Calogero) da R.



Fabiani nel 1925. Di queste cinque formazioni soltanto due hanno resistito fino ad oggi, al violento attacco dei saccheggiatori e dei venditori di fossili. La ricchissima fauna marina, originariamente raccolta e studiata dal Gemmellaro, è per la quasi totalità rappresentata presso il museo di paleontologia dell'Università di Palermo (1887 – 1889). Questa fauna tipica dell'ambiente di scogliera, per la ricchezza dei generi e delle specie presenti e per il perfetto stato di conservazione dei fossili, si può considerare unica al mondo ed infatti continua ad essere oggetto di studio da parte di specialisti.

Il Permiano del Sosio rappresenta il tipo del Piano Sosiano.

La maggior parte degli esemplari risultano Olotipi, cioè esemplari sui quali è stata per la prima volta individuata una nuova specie.

Questi blocchi calcarei hanno fornito 522 specie di fossili, di cui 366 descritti dal Gemmellaro e 156 da altri studiosi, tra cui il prof. Ruggeri ex preside della Facoltà di Scienze Geologiche di Palermo, che ha scoperto un genere nuovo di Trilobiti: "Microphillipsia Ruggeri".

In passato si è molto discusso sull'età dei calcari sopracitati, la cui datazione appariva difficile. Lo sviluppo della conoscenza del Permiano in generale, unito ad una migliore conoscenza di alcuni gruppi di fossili, (Fusulinidae), ha portato a datare questi, alla parte alta del Permiano inferiore (600 milioni di anni).

### **3 - LINEAMENTI GEOLOGICI DELLA ZONA OCCUPATA DAL CENTRO ABITATO E DALLA FASCIA PERIFERICA**

Il rilevamento geologico e la correlazione di tutti i dati relativi alle indagini geognostiche dirette ed indirette, eseguite per conto del Comune di Palazzo Adriano o di altri Enti, pubblici e privati, negli ultimi trentacinque anni, acquisiti dallo scrivente ed i dati delle perforazioni eseguite nella fase di studio geologico per lo schema di massima, hanno permesso di redigere le Carte Geologica, Geomorfologica e Litotecnica in scala 2.000 del centro abitato e della fascia periferica circostante.

L'ubicazione di tutti i sondaggi effettuati all'interno dell'abitato è riportata nella tavola 5, in scala 1:2.000.

Vengono pertanto descritte, in questo paragrafo, le caratteristiche litologiche, morfologiche ed idrogeologiche dei terreni più direttamente destinati all'attuazione del piano di sviluppo urbanistico.

#### **3.1. - Le caratteristiche litologiche**

E' opportuno precisare che la situazione dei terreni affioranti nel centro abitato e nelle zone limitrofe appare alquanto complessa per tutta una serie di motivazioni:

- le modificazioni apportate nel tempo dagli interventi antropici, che investono prevalentemente la copertura e la pavimentazione di gran parte della fascia occupata dal centro urbano;
- le coltri di terreno di riporto poste a discarica in aree di colmata, disposte secondo criteri del tutto casuali, difficilmente rilevabili;

- la presenza di una copertura di suolo agrario, localmente arricchita per apporto e trasformazione della coltre di detrito preesistente, specie in corrispondenza dell'immediata periferia;
- l'esistenza stessa della coltre di origine detritica, che tende ad occultare gli originari terreni di substrato.

Con riferimento alla **carta geologica (Tav. 1)**, i principali litotipi presenti vengono qui di seguito descritti, dai terreni più antichi a quelli più recenti, secondo la seguente classificazione:

**- Argille ed argilliti grigie e nere e marne siltose brune con alternanza di calcareniti gradate e laminate di età triassica “Carnico” (a)**

Costituiscono il substrato di tutto il centro abitato. Si tratta di una formazione flyscioide, nota in letteratura geologica con il termine di “Formazione Mufara” in cui prevale la componente argillosa. Si tratta di argille scagliose grigie e nere, intensamente tettonizzate e pertanto in assetto caotico, contenenti a tratti, nella parte sommitale, minuti detriti calcarei.

L'ammasso argilloso include sotto forma di lembi e blocchi, rocce calcaree e calcarenitiche anch'esse molto tettonizzate e spesso ridotte a brecce calcaree.

La componente argillosa è prevalente, a monte ed a valle di via Vittorio Veneto, in via Aicella, a monte del campo sportivo, nel versante su cui si adagia via XX Settembre e nella parte alta della stessa (area del Lavatoio), in via Roma ed a monte della stessa, nella zona “Beveraturella”, ed in tutta l'area compresa tra via Roma e via XX Settembre, in via Cavour, via XXVII Maggio, a monte di via F.sco Crispi, nella zona a monte dell'Ospedale; nell'area (ex IACP) dove sono stati realizzati gli alloggi popolari ed in Piazza

Umberto I°, la formazione argillosa risulta, nella parte sommitale, mascherata da una coltre di argille limose e debolmente sabbiose, frammista a detriti calcarei eterometrici.

A valle di via Francesco Crispi (via Vallon di Nardo, via Vaccaro, via Di Maggio, via Barcia, Vicolo Zingaro, via Salvatore Alessi, via Chiaramonte, via Stoppino, via Chiodo, via Cardinale), i sondaggi eseguiti in occasione dello studio geologico per il “ Progetto esecutivo dei lavori di drenaggio superficiale e ripristino assetti viari a difesa del centro abitato” hanno evidenziato la presenza, all’interno della formazione argillosa molto alterata e plastica, di breccie calcaree fratturate con intercalazione di livelli marnosi ed inclusi lapidei eterometrici. Addirittura in via Salvatore Alessi, tra via Chiaramonte e via Spata, le breccie calcaree sono prevalenti rispetto alle argille fino a circa 6,00 m di profondità dal piano strada.

Nella zona Sud dell’abitato a monte di via XX Settembre e verso “Piano di Fuscia” le argille triassiche inglobano a tratti detriti e breccie calcaree da mediamente a poco aggregate.

Nel centro abitato e nell’area circostante le indagini geognostiche hanno consentito di individuare e mappare l’estensione delle rocce lapidee che si trovano incluse nell’ammasso di questo complesso di rocce argillose.

Si tratta di calcari mal stratificati, tettonizzati spesso ridotti ad una breccia calcarea di tinta beige - biancastra, da mediamente a ben cementata.

Il più grande lembo di breccia calcarea affiora pressochè a Nord di Palazzo Dara che costituisce la sede del Municipio, si sviluppa a monte di via Messina fino in via Scanderberg ed alla parte più antica del paese prospiciente il Castello, ed ancora più a nord in via Salamone in via Figurella e Purgatorio.

Qualche anno fa su una parte del suddetto costone roccioso prospiciente via Messina, che poi si ricongiunge alla periferia dell'abitato, con la Strada Statale 188 per Bisacquino, è stato realizzato un intervento di consolidamento, ed anche nella parte di costone prospiciente via Purgatorio è stata eseguita un'opera di consolidamento tramite l'inserimento di una paratia composta da micropali trivellati (berlinesi) ancorati in testa, attraverso l'inserimento, nella trave di collegamento, di tiranti in trefoli di acciaio.

Un altro grosso lembo di brecce calcaree si rinviene a Nord dell'area IACP, costituisce il cocuzzolo dove è ubicata la chiesetta di Madonna della Pietà; il sondaggio meccanico 1 a c.c. eseguito nella fase di Studio geologico per lo schema di massima, ha evidenziato che al di sotto di circa 8,00 m di breccia calcarea da mediamente a ben cementata, sono presenti argille grigie e nere della Formazione Mufara. Altri piccoli lembi si rinvencono in prossimità della Chiesa di Sant'Antonino appena restaurata, ed a Nord e sud-ovest dell'Ospedale, ed anche a monte di via XX Settembre a Cozzo San Giorgio. Altri lembi si trovano pressoché ad Ovest del centro abitato, in contrada "Madonna delle Grazie" dove appunto si adagia il santuario ed in prossimità del cimitero.

#### **- Il complesso carbonatico triassico – giurassico (Cc )**

In prossimità del centro abitato questo complesso è prevalentemente rappresentato da rocce lapidee a composizione calcarea e calcareo - dolomitica, disposte in una successione di strati e di banchi irregolari di aspetto massivo; si tratta di rocce a consistenza lapidea molto resistenti.

Sotto il profilo delle caratteristiche fisiche e meccaniche l'ammasso roccioso può essere differenziato in base al locale stato di fratturazione. Si possono pertanto distinguere:

- i calcari dolomitici stratificati e disposti in banchi irregolari, di aspetto massivo e i calcari semicristallini con liste e noduli di selce, del Trias medio superiore; hanno spessori anche superiori a 500 metri. Alla base della successione si notano calcareniti avana gradate che contengono frammenti e gusci di Halobie e qualche rara ammonite, i singoli livelli hanno spessori dell'ordine di qualche decimetro. Queste passano superiormente a delle calcilutiti grigie e rosate, che ancora più in alto si presentano in banchi spessi anche 1 metro; in corrispondenza dei giunti di stratificazione diventano molto ricche di noduli di selce, cosa che è messa in evidenza in particolar modo dalla superficie mammellonata che, spesso, assumono le facce degli strati. Le calcilutiti bruno – avana dei livelli superiori si mostrano in strati alternativamente spessi e sottili, la struttura è pseudonodulare, si accentua il contenuto in selce.

I calcari suddetti costituiscono Cozzo Braduscia e Cozzo Briglia, in essi le caratteristiche litologiche e le proprietà fisiche della roccia permangono inalterate, e la fratturazione si manifesta per piani fra loro distanziati (fratturazione in grande);

- ammassi di rocce calcaree (lembi e blocchi) molto fratturati, estesamente affioranti a Cozzo San Giorgio e nella parte crestale del rilievo di Madonna delle Grazie, in essi gli effetti delle tensioni, subite nel corso delle vicende tettoniche, hanno sensibilmente alterato l'originaria compagine della roccia attraverso un più accentuato grado di fratturazione; i caratteri litologici originari restano ancora integri e riconoscibili in situ, ma non si nota più la

stratificazione; nella roccia si manifesta altresì una certa tendenza all'alterazione di alcune delle proprietà fisiche, quali la durezza, la facilità alla scomposizione in frammenti per lo più di forma prismatica e la tendenza ad acquisire una struttura di tipo brecciato; in tal caso la coesione tende a ridursi per la presenza di una rete di giunti più fitta della precedente; l'angolo di attrito risulta essere ancora elevato.

#### **- Le coltri di detrito (Dt)**

Le coltri di detrito sono costituite da terreni sciolti, per lo più scarsamente addensati, di differente composizione granulometrica.

In rapporto alle singole aree di affioramento si è tentato di operare alcune distinzioni che tendono a differenziare ulteriormente questo litotipo anche in base alle corrispondenti caratteristiche fisiche e meccaniche.

- Le coltri di detrito grossolano, detriti di falda, sono costituite da frammenti lapidei a granulometria variabile e a composizione prevalentemente calcarea, a tratti cementati ed a tratti inclusi in una matrice sabbioso – limosa.

Si rinvengono disposte in accumuli di differente spessore, generalmente non classati ma molto ben addensati. I depositi di questo tipo si trovano distribuiti in forma di vere e proprie falde di detrito nella fascia basale dei pendii che chiudono verso nord e verso est la zona dell'abitato, nella periferia nord ovest del centro abitato cioè nella zona a valle del tratto della SS 188 (lato via Messina).

- Le coltri di argille frammiste a detrito indifferenziato (**b**), sono costituite da depositi di sabbia limosa e/o di limo sabbioso giallastro, contenenti in varia percentuale frammenti calcarei a spigoli vivi, per lo più delle dimensioni della

ghiaia e della ghiaia grossa. Localmente la frazione lapidea può assumere una netta prevalenza sulla frazione più fina, che acquista in tal caso la funzione di matrice.

Coperture di questo tipo sono presenti alla periferia sud e sud ovest del paese (parte Sud di via XX Settembre e zone limitrofe), ed alla periferia nord occidentale del centro abitato, nell'area IACP, dove sono state realizzati gli alloggi popolari, e nelle aree limitrofe, poste rispettivamente a nord ed a nord est.

Sono presenti anche all'interno del centro abitato urbano, dove si possono riscontrare argille sabbiose e limose rimaneggiate con inclusi frammenti lapidei eterometrici, generalmente di piccole dimensioni.



### **3.2 - Lineamenti geomorfologici**

Il centro abitato si adagia su un versante posto a sinistra del Fiume Sosio alla quota media di 680,00 metri sul livello del mare; la parte nord ovest dell'abitato (area alloggi popolari) si trova alla quota di circa 650,00 m e la zona più alta, parte sud est (via XX Settembre), alla quota di circa 720,00 m.

Il paese risulta delimitato ad Est ed a Sud Est dai versanti occidentali di Cozzo Briglia e Cozzo Braduscia, ed a Sud - Sud Est da Cozzo San Giorgio.

Il versante degrada pressochè in direzione Nord – nord ovest verso la valle del Sosio ed è caratterizzato da diverse rotture di pendenza.

La geomorfologia del versante è in chiara relazione con la natura litologica delle formazioni affioranti, e con i rapporti strutturali fra di esse. E' chiaro che sono anche questi rapporti a determinare, il comportamento e l'evoluzione di un certo settore, nella quale evoluzione hanno un ruolo determinante le azioni degli agenti esogeni.

In particolare la morfologia del versante su cui insiste il paese è quella tipica delle zone di alta collina, essendo caratterizzata dalla presenza di vasti orizzonti di natura calcarea, variamente piegati e dislocati, che costituiscono i rilievi prossimi all'abitato. Tali rilievi sono intervallati da incisioni, più o meno profonde, determinate principalmente dagli sforzi tettonici, ma anche alle azioni erosive degli agenti esogeni, cioè agli elementi idrografici che rappresentano le vie preferenziali allo scorrimento delle acque.

Le numerose incisioni vallive che percorrono, ramificandosi in maniera disordinata i versanti prossimi al centro abitato, si inseriscono in forma rappresentativa nel quadro morfologico generale e trovano una facile spiegazione nella costituzione litologica e strutturale dell'area in esame.

Dall'osservazione della **Carta geomorfologica** allegata, Tav. 2, in scala 1:2.000 si evince che sono presenti anche all'interno del centro abitato dissesti e forme di erosione.

Il dissesto più preoccupante è quello che interessa via XX Settembre, indicato peraltro nelle carta del PAI a pericolosità e rischio R4 , e coinvolge la sede stradale e le costruzioni ivi presenti soprattutto in corrispondenza dei numeri civici 105-107-109-111.

E' opportuno precisare che la zona su cui è ubicata la suddetta via, ricade sulle argille triassiche a valle della zona di captazione della sorgente Fontana Grande.

La sorgente "Fontana Grande è una sorgente di contatto, tra il complesso detritico posto a monte e la formazione argillosa, presente alla periferia meridionale dell'abitato; è alimentata dalla falda idrica esistente a "Piano di Fuscia", grande serbatoio naturale situato immediatamente a sud di Cozzo San Giorgio, che a sua volta, è alimentata in profondità, presumibilmente per "trabocco" dalla unità calcarea di Cozzo Zimmì.

Diversi sondaggi meccanici eseguiti anche dallo scrivente, l'ultimo in ordine di tempo quello eseguito in fase di studio geologico per lo schema di massima, ed ubicato in via XX Settembre, hanno evidenziato la presenza, nel versante che si presenta mediamente acclive, di circa 2,50 m di materiali detritici colluviali, in matrice argillosa alterata, degradata ed in falda, cui seguono argille parzialmente alterate con spessori crescenti da 1,10 m a 3,20 m, procedendo da valle verso monte cioè verso l'area di captazione della sorgente "Fontana Grande".

Purtroppo le strutture fondali del tipo diretto, delle costruzioni che insistono su via XX Settembre poggiano su tale coltre di terreni argillosi degradati ed in falda di carenti caratteristiche fisico – meccaniche.

Un altro fenomeno di dissesto che interessa direttamente un intero quartiere del centro abitato è quello presente a valle di via Francesco Crispi (via Vallon di Nardo, via Vaccaro, via Di Maggio, via Barcia, Vicolo Zingaro, via Salvatore Alessi, via Chiaramonte, via Stoppino, via Chiodo, via Cardinale), i sondaggi eseguiti in occasione dello studio geologico per il “Progetto esecutivo dei lavori di drenaggio superficiale e ripristino assetti viari a difesa del centro abitato” hanno evidenziato la presenza, all’interno della formazione argillosa molto alterata e plastica, di brecce calcaree fratturate con intercalazione di livelli marnosi ed inclusi lapidei eterometrici.

Si tratta di un lento movimento gravitativo che ha creato lesioni nelle costruzioni e nelle sedi stradali, lo spessore delle argille alterate, degradate, plastiche ed interessate dalla falda idrica, è risultato variabile intorno ai 5,50 m. I lavori di consolidamento di cui al suddetto progetto sono stati eseguiti e l’opera è stata collaudata qualche mese fa, ma non è stato ancora effettuato il previsto necessario monitoraggio post opera.

Nell’ambito della formazione argillosa, in prossimità dell’abitato, si rinvencono altri fenomeni di dissesto, che sono stati adeguatamente mappati:

- a monte del campo sportivo che lambisce anche la parte sud est del centro abitato;
- ad ovest dell’ospedale, in corrispondenza del vallone di contrada Santa Venera, e di quello più meridionale decorrente in direzione pressoché est-ovest;
- in prossimità del Km 130 della SS. 188, a nord ovest del paese;

- pressoché a nord del paese, in contrada San Marco, in prossimità e tra i torrenti Chiazza - Mezzusaro e Cortiglio, dove diversi sondaggi effettuati per la realizzazione dell'impianto di depurazione comunale, hanno consentito di individuare la presenza di una palefrana nelle argille frammiste a blocchi e detriti calcarei.

Anche nelle aste terminali dei compluvi che discendono dalle pendici del massicci rocciosi di Cozzo Briglia e di Cozzo Fatocchio, e che concorrono verso Nord e Nord Ovest in direzione del fondovalle del corso d'acqua principale, cioè il Fiume Sosio, si notano fenomeni di ruscellamento e di soliflussioni.

Anche in questo caso sono i terreni di natura plastica, quelli maggiormente interessati da fenomeni di dissesto, che interessano sia la coltre superficiale alterata che il substrato (forme calanchive, deformazioni superficiali lente, colamenti).

Nell'ambito degli affioramenti calcarei e calcareo-marnosi, a secondo della giacitura degli strati e/o dell'acclività dei pendii, sono presenti frane di crollo e/o ribaltamenti.

Nel rilevamento geologico di superficie, particolare cura è stata rivolta a tutta la zona circostante all'abitato di Palazzo Adriano, più direttamente impegnata dal progetto di sviluppo e di sistemazione urbanistica.

Il criterio adottato per tale lavoro di rilevamento è stato quello di dare particolare risalto a tutti quei processi di erosione del suolo che si espletano in forma lenta o accentuata, nei riguardi delle generali condizioni di stabilità di tutto il territorio.

Secondo tale criterio i fenomeni di più intensa erosione tendono a dar luogo a vere e proprie forme di dissesto, indicate in legenda con apposita simbologia.

Nella carta geomorfologica, sono stati anche inseriti i dissesti presenti nel PAI, con relativa tipologia e stato di attività ed i dissesti censiti dallo scrivente, le aree soggette a lenti movimenti del terreno per fenomeni di creeping, l'erosione areale lungo i pendii, per ruscellamento superficiale diffuso, le superfici di accentuata erosione caratterizzate da forme di tipo calanchivo, le aree instabili rilevabili attraverso forme di dissesto in ambiente di terreni argillosi ed argillo – marnosi, le aree instabili soggette a forme intense di erosione, che localmente possono essere interessate da dissesti per frana di vario tipo, che coinvolgono la coltre di terreni di origine detritica.

Le aree stabili, esenti da forme di erosione, in atto o potenziale, corrispondono alla parte centrale del paese ed alla parte che si adagia sulla unità di breccia calcarea cementata.

Le aree soggette a lenti movimenti del terreno per fenomeni assimilabili a quelli del creeping si sviluppano esclusivamente lungo i pendii in ambiente di rocce argillose.

Dai rilevamenti effettuati, in genere la porzione di terreno investita appare contenuta entro la coltre superficiale di natura argillo- limosa con esile frazione sabbiosa contenente detriti,più direttamente esposta alle azioni di alterazione e di degrado da parte degli agenti esogeni.

Anche nei dintorni di Palazzo Adriano forme di questo tipo sono state individuate, specie nel tratto che si sviluppa lungo il pendio che raccorda la zona dell'abitato all'asta del Sosio, fra il tracciato della SS 188 e la sponda del fiume, coinvolge infatti anche la sede stradale, dal Km 130 al km 130,4 circa; ed anche nella parte occidentale del centro abitato, sia a Sud-ovest (C.da S. Venera), che a Nord dell'ospedale. Ma anche nella parte medio-alta

di via XX Settembre, ed a valle di via Francesco Crispi nel quartiere Prepafano-Croci.

Le forme di erosione laminare e d'incisione del terreno legate rispettivamente all'azione delle acque di ruscellamento superficiale e a quella delle acque incanalate, si manifestano attraverso l'impostazione di nuove linee di corrivazione e di un graduale approfondimento all'interno delle aste dei compluvi e dei solchi torrentizi. La graduale evoluzione di tali forme di erosione tende a creare condizioni d'instabilità per locali rilasci dal ciglio superiore delle sponde.

Questo particolare stato di erosione contribuisce a dare maggiore risalto allo sviluppo della rete idrografica esistente all'interno del territorio.

Quest'ultima appare molto ben sviluppata e ramificata in forma dendritica in quei settori dominati da un ambiente litologico a prevalente composizione argillosa. La sua estensione più ridotta, con solchi per lo più isolati e a sviluppo lineare, è indice invece della presenza del particolare ambiente di rocce lapidee stratificate.

In questo elaborato sono state inoltre indicate le superfici interessate da quelle particolari forme di accentuata erosione che determinano l'impostazione di una vera e propria morfologia a calanchi in ambiente di rocce argillose e di terreni sciolti. Forme di questo tipo sono peraltro alquanto limitate e si sviluppano a valle del paese in prossimità del Santuario Madonna delle Grazie.

Con apposita simbologia sono state indicate quelle superfici sede di forme di dissesto in ambiente di terreni a prevalente composizione argillosa e argillo - marnosa. La presenza di locali rotture del pendio, visibili in quota lungo

superfici di taglio di forma semicircolare, tende a determinare al suo interno condizioni di rilascio e di cedimento del terreno.

Sono state altresì indicate quelle aree instabili, che localmente si trovano interessate da dissesti per frana di vario tipo. Queste forme, strutturalmente connesse con una dinamica esogena ancora attiva, coinvolgono prevalentemente la coltre dei terreni di origine detritica, sviluppandosi lungo il profilo dei pendii, secondo la direttrice di massima pendenza.

Dissesti afferenti a questa tipologia sono stati riscontrati, a monte del campo sportivo, nell'area ricadente sulla formazione argillosa, delimitata dalla periferia Sud Est dell'abitato (Via XX Settembre - Via Pantaleo, che sono coinvolte dai fenomeni di dissesto), dalla strada intercomunale per Burgio, dalle pendici settentrionali di Cozzo San Giorgio e dalle pendici occidentali di Cozzo Briglia, a cavallo delle due linee di impluvio ivi presenti. All'interno di dette superfici è ben rilevabile la zona corrispondente al ciglio di distacco, che tende ad arretrare gradualmente, e la sottostante area di accumulo dei terreni dislocati.

### **3.3 - Considerazioni di carattere idrogeologico**

Come precedentemente detto, il rilevamento geologico finalizzato all'acquisizione dei dati e degli elementi di carattere litologico e morfologico ha anche permesso di inquadrare gli aspetti riguardanti le condizioni di assetto idrogeologico dei terreni presenti nel centro abitato ed aree limitrofe.

Per lo studio idrogeologico dell'area in esame si è analizzata una importante caratteristica fisica delle rocce: la permeabilità.

Le rocce in natura raramente si presentano in forma compatta; più frequentemente la forma ed il volume degli elementi solidi, che ne costituiscono l'impalcatura, impediscono che questi aderiscano perfettamente tra loro, determinando la presenza di spazi vuoti intergranulari definiti pori (permeabilità primaria).

Processi di alterazione chimica e di degradazione meccanica, che possono coinvolgere le rocce successivamente alla loro formazione, possono contribuire alla formazione di vuoti anche nel caso di rocce compatte (permeabilità secondaria).

Nella carta idrogeologica allegata in fase di studio di studio geologico per lo schema di massima, in scala 1: 10.000, è possibile osservare che le formazioni litologiche affioranti, sono state classificate secondo una scala di permeabilità, basata sulle seguenti classi:

- a) Rocce permeabili per fessurazione e carsismo;
- b) Rocce permeabili per porosità;
- c) Rocce poco o nulla permeabili.

Sono state incluse nella classe "a" i calcari ed i calcari dolomitici, triassici e giurassici, stratificati e fratturati, ed i calcari con selce (formazioni della serie mesozoica - cenozoica). Si tratta di alternanze di calcari, aventi spessori



centimetrici e decimetrici variabili, a tratti con esili livelli marnosi. I calcari si presentano spesso scompaginati e fratturati, quindi con una permeabilità secondaria elevata per fatturazione.

Nella classe “b”, sono state poste le unità detritiche costituite da brecce calcaree mediamente o poco cementate, i detriti di falda, le alluvioni di fondovalle. Si tratta di depositi incoerenti sabbiosi – limosi, con livelli lenticolari ghiaiosi – sabbiosi, la cui permeabilità per porosità è legata al variare delle dimensioni granulometriche; essa risulta medio – bassa nella sabbia limosa, tendente ad aumentare nei livelli ghiaiosi.

Nella classe “c”, sono state incluse le argille e marne siltose del Carnico, , anche se includono lembi isolati di rocce calcaree a tratti molto fratturate, spesso ridotte a brecce calcaree che comunque conservano un certo grado di cementazione tra i vari blocchi (affioranti in prossimità del centro abitato e sulle quali si adagia l’intero paese) poichè è nettamente prevalente la componente argillosa che caratterizza nel suo complesso l’intero ammasso.

Tale componente argillosa costituisce una barriera all’infiltrazione dell’acqua nel sottosuolo. Le argille infatti presentano pori di dimensioni così piccole da permettere l’infiltrazione delle acque in maniera così lenta da essere considerati, ai fini di questo studio, praticamente nulla. Tuttavia generalmente, è presente una coltre di alterazione costituita da argille ed argille limose degradate, a permeabilità medio – bassa, dello spessore variabile intorno ad un 1,00 – 1,50 m, ma possono aversi anche spessori maggiori. In tale fascia sono spesso presenti falde idriche superficiali a prevalente carattere stagionale che in periodo di piogge prolungate possono raggiungere il piano di campagna.

Per l'intima costituzione litologica le potenti formazioni calcaree suddette, stratificate e fratturate, a tratti ridotte a brecce calcaree mediamente cementate, risultano altamente permeabili, sono spesso prive di vegetazione o con scarsa vegetazione e ciò determina una maggiore capacità di assorbimento e quindi la formazione di acquiferi profondi di elevata capacità.

In particolare la presenza di terreni impermeabili a prevalente composizione argillosa, presenti nel substrato in tutta quella fascia di pendio che partendo da la zona di Piano di Fuscina raggiunge verso nord il fondovalle del Fiume Sosio, assicura la "chiusura" in profondità e lateralmente, dei predetti acquiferi.

Sotto il profilo idrogeologico, la fascia superficiale di contatto fra il complesso permeabile calcareo e l'ammasso argilloso impermeabile, costituisce zona preferenziale di emergenza delle falde idriche. Tale situazione di emergenza localmente può restare occultata dall'espansione della sovrastante coltre di detriti, cosicché le venute idriche emergenti dai punti di scaturigine naturale possono trovarsi disperse nella suddetta coltre di detrito e raggiungere la superficie solo nei punti altimetricamente più depressi, posti più a valle.

La più profonda di queste falde è certamente quella che si instaura all'interno dei rilievi montuosi che circondano verso Est e verso Sud Est la zona dell'abitato.

Sono così spiegabili tutte le manifestazioni sorgentizie, individuate nel tratto di pendio a monte del perimetro urbano (prosecuzione di via XX Settembre).

Occorre a questo proposito fare una particolare menzione alla sorgente denominata "Fontana Grande" situata alla periferia sud - orientale del paese; le

sue portate non solo assicurano i fabbisogni idrici del centro urbano, ma vengono anche in parte immesse nell'Acquedotto "Montescuro Ovest".

In situazione di terreni pressochè analoghe si trova la "Sorgente Fuscìa" che scaturisce lungo il pendio di Piano di Fuscìa in una zona di conca morfologicamente ribassata, si trova infatti delimitata ad Ovest, dalla strada che conduce a Bivona, ed a Nord dalla strada che conduce a Cozzo San Giorgio e prosegue verso Est, lungo le pendici meridionali di Cozzo Fatocchio, verso Monte Scuro, entrambe poste a quota più alta.

La Sorgente Fuscìa" si localizza infatti, nella porzione settentrionale di Piano di Fuscìa, al contatto tra la formazione calcarea costituente le propaggini nord occidentali di Cozzo Zimmì, i detriti e brecce calcaree poste più a nord, costituenti la zona a morfologia piatta, e l'unità limo – argillosa, inglobante detriti che costituisce la parte centrale di "Piano di Fuscìa". Al Piano di Fuscìa quindi, per un ulteriore aumento della permeabilità dell'accumulo detritico, le acque in maniera rapida passano nel sottosuolo e vanno ad incrementare la falda e ad impinguare le sorgenti poste a valle.

Appare evidente come tali manifestazioni, a chiaro regime perenne, vengano alimentate da una falda profonda, con direzione del pelo libero decorrente da Sud- Sud Est verso Nord e Nord -Ovest. Esse corrispondono a quella contenuta nell'acquifero dei massicci montuosi che si trovano a Sud del paese. E anche verosimile che l'alimentazione possa derivare da un bacino idrogeologico certamente più esteso del corrispondente bacino idrografico.

L'idrografia della zona rilevata è caratterizzata da linee di impluvio a carattere stagionale, la maggior parte di esse infatti, sono attive esclusivamente durante la stagione invernale e sono tributari del Fiume Sosio.

Il reticolo idrografico si presenta maggiormente sviluppato nelle aree di affioramento dei sedimenti a prevalente composizione pelitica (argille e marne) qui assume le forme tipiche del pattern dendritico convergente (zone a valle dell'abitato in direzione dell'alveo del F. Sosio) o parallelo.

In corrispondenza dei potenti affioramenti carbonatici, gli impluvi sono in genere impostati lungo direttrici corrispondenti a fratture o faglie, e sono caratterizzati da parete sub verticali incise nella roccia.

Nelle zone di affioramento delle unità detritiche costituite da detriti e brecce calcaree poco cementate, il reticolo idrografico è praticamente poco o nulla sviluppato; è il caso della zona di Piano di Fuscina, dove le linee di impluvio presenti nella formazione calcarea posta a Sud, spariscono al contatto con il grosso complesso detritico permeabile.

Da una attenta osservazione nel settore suddetto è emersa una importante constatazione. I corsi d'acqua, sia principali che secondari, anche se ricadenti in una zona ad elevata piovosità, non presentano grosse e profonde solcature. Ciò dipende da due fattori elevata resistenza delle rocce affioranti alle azioni erosive, ed alta permeabilità, per fessurazione delle stesse rocce.

Derivandone da ciò un modestissimo scorrimento di acque in superficie, l'evoluzione geomorfologica, connessa alle azioni meccanica e chimica delle acque, è alquanto limitata.

Salvo quindi, modesti locali scollamenti di brecce e blocchi, i versanti sono stabili.

Venute idriche di minore entità, ma pur sempre a regime pressochè costante, sono state localizzate a valle dell'abitato, e più specificatamente, all'interno di quell'area urbana, concessa all'Istituto Autonomo Case Popolari e destinata alla costruzione di alloggi popolari.

La presenza di coperture detritiche a permeabilità irregolare, quali quelle argillose e argillo - limose, variamente rimaneggiate: non tende ad influenzare il regime sorgentizio; è pertanto presumibile che l'alimentazione possa derivare da un bacino idrogeologico certamente più esteso del corrispondente bacino idrografico.

#### **4 - CARTA DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE ESEGUITE NEL CENTRO ABITATO**

La correlazione di tutti i dati relativi alle indagini geognostiche dirette ed indirette, eseguite per conto del Comune di Palazzo Adriano o di altri Enti, pubblici e privati, negli ultimi trentacinque anni, acquisiti dallo scrivente, ed i dati delle perforazioni eseguite anche in questa fase di studio, hanno permesso di redigere la Carta delle Indagini Geognostiche effettuate soprattutto nel centro abitato e nelle zone periferiche.

L'ubicazione di tutti i sondaggi è riportata nella Planimetria in scala 1: 2:000 allegata.

Nella fase di studio geologico per lo schema di massima, sono stati effettuati tre sondaggi diretti con trivella a rotazione e circolazione di acqua, a carotaggio continuo, sono stati eseguiti rispettivamente il sondaggio n. **1**, in via XX Settembre, il sondaggio n. **2**, in contrada Beveraturella, immediatamente a monte dell'omonima fontana e della strada Palazzo Adriano - Bivona, ed il sondaggio n. **3**, immediatamente a valle dell'area dove sono stati realizzati, negli anni '90, gli alloggi popolari di fronte la chiesetta della Madonna della Pietà.

Inoltre, sono state eseguite n. 6 prove sismiche attive MASW (Multichannel Analysis of Surface Wave), per la determinazione delle curve di dispersione delle onde superficiali di tipo Rayleigh generate con idonei sistemi e registrate con dei geofoni verticali per la restituzione dei profili delle velocità Vs nel sottosuolo.

E n. 5 prove sismiche passive, a stazione singola HVSR, per la valutazione della risposta sismica di sito mediante l'acquisizione del rumore sismico.

Tutte le indagini sono state ubicate all'interno del centro abitato e nelle zone periferiche dello stesso, in aree di passaggio tra due formazioni geologiche, in aree instabili o potenzialmente instabili, in aree urbane a rischio, come evidenziato dal P.A.I. vigente; in zone di completamento o interessate da attrezzature ed impianti di carattere generale, previsti dalla progettista del Piano e con la stessa concordate.

Sono stati inseriti anche i n° 4 sondaggi eseguiti in occasione della redazione dello studio geologico posto a corredo del precedente P.R.G., i n° 9 sondaggi e le n° 2 prove Masw, eseguite di recente (2014), per lo studio geologico relativo al “Progetto dei lavori di drenaggio superficiale e ripristino assetti viari, a difesa del centro abitato”, nel quartiere Prepafano – Croci, nella zona immediatamente a valle di via Francesco Crispi. Durante l'esecuzione di questi ultimi sondaggi sono stati prelevati diversi campioni sui quali sono state eseguite diverse analisi e prove geotecniche di laboratorio, che sono state attentamente analizzate.

Per una più chiara identificazione di ciascuna delle verticali riportate va precisato che:

- la serie che comprende i sondaggi S1- S8 si riferisce alla campagna di indagini geognostiche finalizzate al progetto di costruzione di 30 alloggi nel Comune di Palazzo Adriano (legge 457/78 - V Biennio);
- la serie dei 6 sondaggi (S9 - S14) si riferisce alla campagna di indagini geognostiche finalizzate al progetto di costruzione di 20 alloggi nel Comune di Palazzo Adriano (legge 457/78 — V Biennio);
- la serie dei 3 sondaggi S16 - S18 si riferisce alle indagini per i lavori di costruzione della strada comunale di collegamento Palazzo Adriano- Bivona e la SS 188 - (progetto esecutivo di primo lotto);

- la serie che comprende i sondaggi S23 - S24 - S25, si riferisce al progetto dei lavori di regimazione delle acque superficiali e del sottosuolo nell'area assegnata all' I.A.C.P. (1989);
- la serie dei 4 sondaggi S26 - S29, si riferisce al progetto dei lavori di realizzazione di 20+30 alloggi popolari, nell'area assegnata all' I.A.C.P. (1991);
- la serie che comprende i sondaggi S30 - S31 ed S32, si riferisce alle indagini relative al progetto di Variante del Piano di fabbricazione del Comune (1990);
- la serie che comprende i 4 sondaggi S33 - S36, si riferisce alle indagini per il progetto di lottizzazione in contrada "Aicella" nella zona "C" del Programma di fabbricazione (1992);
  - la serie dei 4 sondaggi S37 - S40, si riferisce alle indagini per lo Studio Geologico per il precedente P.R.G. (1994);
  - la serie dei 6 sondaggi S41 - S46, si riferisce alle indagini per lo Studio Geologico per il precedente P.R.G. eseguiti ad est di via Aicella (1994);
  - la serie dei 3 sondaggi S47 - S49 si riferisce alle indagini per lo studio geologico relativo al Progetto dei lavori di realizzazione di un muro di sostegno in via Purgatorio, a salvaguardia della pubblica incolumità - (2010);
  - la serie dei 9 sondaggi S50 - S58, si riferisce alle indagini per lo studio geologico relativo al "Progetto dei lavori di drenaggio superficiale e ripristino assetti viari, a difesa del centro abitato" - (2014);
  - i 3 sondaggi, denominati **1 - 2 - 3**, sono stati eseguiti nella fase di studio geologico per lo schema di massima (settembre 2018).



La correlazione di tutte le indagini ha consentito di delineare la situazione litostratigrafica dei terreni sui quali si adagia il centro abitato e quindi di redigere, le carte tematiche allegate alla presente relazione.

In particolare la serie dei sondaggi **S1 – S 14**, ubicati nella zona a sud di via XX Settembre, a valle dell'area di captazione della sorgente Fontana Grande, ed in prossimità del Lavatoio realizzato in epoca fascista, ha evidenziato uno spessore di suolo agrario, costituito da limo e limo sabbioso di colore bruno con radici, variabile da 0,40 a 1,30 m dal p.c., cui segue in profondità una fascia di argille limose rimaneggiate, con inclusi frammenti lapidei delle dimensioni della ghiaia ed a tratti dei blocchi, da - 1,30 m a -27,50 m (S.1 - S.2 - S.3 - S.4); le argille ed argille sabbiose grigie di base, consolidate ed a struttura scagliosa, sono state rinvenute nei sondaggi S.5, S.6, S.7, S.8, S.10, S.11, S.12, S.13, ed S.14 a profondità variabili da -1,70 m (S.12) a -6,10 m (S.5). La falda idrica è stata rinvenuta in quasi tutti i sondaggi, a profondità variabile da - 0,60 m (S.7) a - 3,30 m (S.6) dal p.c.

I sondaggi **S.16 - S.17 ed S.18**, hanno evidenziato spessori di argille alterate prossime a 2,40 m cui seguono le argille grigie consolidate di base; il livello della falda idrica si è attestato a - 2,40 m di profondità dal p.c.

Nella stessa zona, il **S.30**, eseguito a valle dell'area di captazione della sorgente Fontana Grande, ha evidenziato: fino a - 2,80 m, terreno di riporto, in matrice argillosa degradata, da - 2,80 m a - 5,80 m, argille degradate di tinta beige, poco consistenti, e quindi da - 5,80 m fino a - 13,00 m dal p.c., argille grigie consolidate, a struttura scagliettata, con rari livelletti calcarei; il livello idrico in foro si è attestato a - 2,80 m dal p.c.

Il gruppo di sondaggi **S.23 - S. 28**, sono stati effettuati nell'ex area I.A.C.P., dove sono stati in seguito realizzati gli alloggi popolari.

Il S.23 eseguito nella sede stradale in rilevato, ha mostrato circa 2,00 m di materiale di riporto cui seguono verso il basso, detriti calcarei frammisti ad argille grigiastre degradate fino a - 5,20 m dal p.c., e quindi argille grigie consolidate fino a - 22,00 m di profondità. I sondaggi S.24 ed S.26 hanno evidenziato la presenza di breccia calcarea, carotata come ghiaia calcarea in matrice limosa fino a 6,00 – 8,00 m dal p.c. quindi alternanze di breccie calcaree con lenti argillose, a tratti plastiche da 6,10 m a 8,00 m nel S.24; le argille ocracee e grigie consolidate della formazione Mufara, si rinvengono a profondità variabile dai 18,00 ai 20,00 m dal p.c..

Il S.25 ha mostrato, al di sotto di una coltre di 3,00 m, di terreni argillosi degradati inglobanti detriti calcarei, fino a - 20,00 m dal p.c. breccie calcaree, carotate come ghiaia, e quindi da - 20,00 m a - 26,00 m calcari brecciati e fratturati.

I sondaggi S.27, S.28 ed S.29 hanno mostrato al di sotto di circa 1,00 m di terreno vegetale nerastro rimaneggiato, argille nerastre a struttura rimaneggiata con elementi lapidei, fino a - 20,00 m dal p.c.; nel S.27 da -10,,00 m a - 17,00 m si è rinvenuto un blocco di breccia calcarea, carotata come ghiaia grossolana, costituita da clasti calcarei a spigoli vivi.

Il livello della falda idrica risulta variabile, intorno a - 1,50 m dal p.c.

Il **S.39**, eseguito nella stessa zona, a sud ovest dell'area alloggi popolari, lungo la strada da potenziare secondo le previsioni di piano, ha evidenziato al di sotto di 2,60 m di limi argillosi nerastri alterati e plastici inglobanti detriti, da - 2,60 m a - 10,00 m argille limose di colore giallastro con inclusi elementi lapidei, da - 10,00 a - 20,00 m breccia calcarea fratturata carotata come ghiaia e sabbia grossa, di colore bianco- giallastro.

Relativamente al gruppo dei sondaggi **S.41 - S.46**: i sondaggi S.41 e S.42 hanno evidenziato notevoli spessori di materiali di riporto di natura argillosa, sabbiosa con ghiaia (4,70 m nel S.41 e circa 7,00 m nel S.42), cui seguono in profondità limi sabbiosi ed argille limose degradate e sature rispettivamente fino ad -11,70 m ed a -13,00 m, e quindi le argille grigie consistenti ed a struttura scagliettata di base. I sondaggi S.43, S.44, S.45 ed S.46 hanno mostrato che le argille grigie consolidate di base si rinvengono a profondità variabili dai - 6,00 m (S.44) a - 11,00 m (S.45), mascherate da terreni detritico - alluvionali costituiti da limi e limi sabbiosi di colore giallastro, argille ed argille limose rimaneggiate con inclusi elementi di ghiaia e ghiaia grossa. La falda è presente a piccola profondità rispetto al piano di campagna oscilla da - 4,50 m a - 1,50 m nel periodo invernale.

Il **S.31** ha mostrato: da 0,00 a - 5,20 m materiali di riporto costituiti da breccie calcaree e sfabbricidi, frammisti ad argille degradate e rimaneggiate, da - 5,20 a 6,00 m, argille grigie alterate e poco consistenti, da - 6,00 m a 15,00 m argille grigie, consistenti con livelletti calcarei e calcareo selciosi.

Il **S.37** (quota 724,80 m s.l.m), ha mostrato: da 0,00 a - 4,50 m suolo agrario, sabbie e limi sabbiosi giallastri rimaneggiati, plastici inglobanti detriti, passanti verso il basso ad una alternanza di sabbie limose, limi sabbiosi bruno nerastri plastici ed argille limose degradate e rimaneggiate, inglobanti frammenti lapidei fino alla profondità di - 14,50 m cui seguono in profondità le argille grigie, consistenti e scagliettate. La falda idrica è stata rilevata a - 12,00 m dal p.c. in risalita a boccaforo.

Il **S.38** (quota 707,05 m s.l.m), ha mostrato: da 0,00 a - 4,00 m, argilla a struttura minutamente scagliettata, parzialmente alterata, di colore giallo bruno, da - 4,00 a - 15,00 m, argille grigie consistenti e consolidate, a struttura

scagliettata, intorno a - 11,50 m si è rinvenuto un blocco calcareo completamente cataclasato.

Il **S.40** (quota 666,20 m s.l.m), ha mostrato: da 0,00 a - 3,40 m, terreno di riporto (sabbia e ghiaia limosa), argille rimaneggiata grigiastra, parzialmente alterata, di colore giallo bruno; da - 3,40 a - 5,80 m, argille gialle sature inglobanti detriti e frammenti di ghiaia; da - 5,80 a - 7,00 m argille di tinta grigio - bruna alterate, da - 7,00 a - 15,00 m, argille grigie consistenti e consolidate, a struttura scagliettata.

Il gruppo di sondaggi **S.33 - S.36**, hanno evidenziato al di sotto di circa 0,90 m di terreni di coltre in matrice argillosa degradata, la presenza di argille limose degradate, sature e plastiche inglobanti minuti detriti e frammenti calcarei fino alla profondità di - 1,70 - 1,80 m dal p.c.; seguono verso il basso argille debolmente sabbiose parzialmente alterate, passanti gradualmente verso i 5,00 m di profondità ad argille grigie da mediamente a ben consistenti con la profondità.

Relativamente ai sondaggi **S.47 - S.49**: il S.47 è stato eseguito nelle sede stradale di via Purgatorio ha evidenziato da 0,00 a - 3,10 m, materiale di riporto in matrice argillo - limosa, inglobante detriti e sfabbricidi di varie dimensioni; al di sotto, da 3,10 a - 4,50 m, breccie calcaree di colore biancastro, da poco a mediamente cementate, disgregate dal carotaggio; da 4,50 a - 10,50 m, breccie calcaree di colore biancastro, da mediamente a ben cementate fratturate, tenaci, disgregate dal carotaggio. I sondaggi orizzontali S.48 ed S.49, sono stati effettuati nella parete calcarea che costeggia via Purgatorio, hanno mostrato la presenza di breccie calcaree di colore biancastro, da mediamente a ben cementate fratturate, tenaci, disgregate dal carotaggio.

Il gruppo di sondaggi **S.50 – S.58**, eseguiti a valle di via Francesco Crispi, spinti a profondità variabile da 15 ai 20 m, hanno evidenziato al di sotto di circa 1,00 m di terreni di riporto (3,50 m nel S.53), argille marnose alterate da poco a mediamente consistenti, a tratti plastiche, con presenza di inclusi lapidei, fino a – 5,50 m dal p.c., seguono verso il basso, le argille marnose e marne argillose, poco consistenti, inglobanti lembi di brecce calcaree fino a circa 13,00 m, e quindi le argille grigio- azzurrognole da mediamente a ben consistenti con la profondità. Nel S.56, al di sotto di 4,50 m di materiali di riporto e di argille frammiste a brecce calcaree, si rinvengono fino a fondo foro (20 m), brecce calcaree disgregate dal carotaggio.

La falda è stata rinvenuta a profondità variabili da – 0,80 m (S.2) a - 13,60 m (S.3), dal piano campagna.

Per la conoscenza dell'immediato sottosuolo, in fase di studio geologico per lo Schema di massima della Revisione del Piano Regolatore Generale, come suddetto, sono stati effettuati, nell'area interessata dalle opere di progetto, n° 3 sondaggi meccanici a carotaggio continuo, eseguiti con trivella a rotazione.

I sondaggi denominati **1, 2 e 3**, sono stati eseguiti rispettivamente in Via XX Settembre, in zona Beveraturella, a sud est dell'ospedale, a monte della strada Palazzo Adriano – Bivona e l'ultimo a valle dell'area IACP, dove sono stati realizzati gli alloggi popolari. Tutti i sondaggi hanno raggiunto la profondità di – 20,00 m.

Già il rilevamento geologico di superficie aveva evidenziato, che le unità di base sono mascherate, nell'area di via XX Settembre, da una coltre di argille limose rimaneggiate e plastiche, con inclusi detriti eterometrici, che costituiscono la parte alterata della formazioni di base, frammiste nella parte

più superficiale a materiali di riporto costituiti da ghiaia e sabbia, posti come sottofondo stradale; ciò è stato confermato anche dai sondaggi.

I sondaggi geognostici a c.c., hanno consentito di delineare, tramite l'osservazione delle carote estratte, la stratigrafia delle aree interessate; è stata così ricostruita la successione litologica puntuale.

Si descrivono di seguito, i litotipi rinvenuti sulle verticali dei sondaggi, essi non costituiscono altrettante unità stratigrafiche, ma livelli differenziati esclusivamente ai fini applicativi.

Il sondaggio **1**, ha mostrato dall'alto verso il basso, le seguenti unità:

- da 0,00 mt. a -1,10 mt, materiali di riporto costituiti da pietrisco, ghiaia, sabbia che costituiscono il sottofondo stradale, frammisti a terreno vegetale;
- da -1,10 mt a - 2,50 mt, argille beige con esile frazione sabbiosa degradate ed alterate, plastiche, presentano patine e pigmentazioni ocracee dovute alla ossidazione dei minerali di ferro da parte di soluzioni circolanti, inglobano detriti calcarei; nell'ambito di tale livello, a circa - 1,50 m, di profondità dal piano strada, si è rinvenuta la falda idrica.
- da - 2,50 m a -3,50 m, argille di colore variabile dal nocciola al grigio parzialmente alterate;
- da - 3,50 m a - 12,50 mt, si rinvengono argille di colore grigio scuro, mediamente consistenti;
- da - 12,50 m a - 20,00 sono presenti argille di colore grigio scuro, consistenti, a tratti scagliettate passanti ad argilliti;

Si precisa che nella prima ubicazione del sondaggio 1, in via XX settembre, si è rinvenuto un cavo Enel e pertanto l'ubicazione è stata spostata di circa un metro, ed il sondaggio è stato eseguito accanto alla basola che delimita il marciapiede.

Il sondaggio **2**, ha mostrato dall'alto verso il basso, le seguenti unità:

- da 0,00 mt. a - 0,90 mt., materiale di riporto costituiti da detriti e sfabbricidi, frammisto ad argille limose degradate; - da - 0,90 mt a - 2,50 mt, si ha la presenza di argille alterate e degradate di colore nocciola - beige, presentano patine e pigmentazioni ocracee di ossidazione; - da - 2,50 mt a - 3,60 mt si ha la presenza di argille alterate con esile frazione sabbiosa, di colore nocciola - beige, presentano patine e pigmentazioni ocracee di ossidazione; - da - 3,60 mt a - 5,00 mt, argille leggermente alterate, mediamente consistenti; - da - 5,00 mt a - 20,00 mt, sono presenti argille ed argille marnose di colore grigio, mediamente consistenti fino a circa 10,00 m, che diventano sempre più consistenti con la profondità.

Da - 15,00 m a - 20,00 m risultano molto consistenti ed a tratti scagliettate.

Il sondaggio **3**, ha mostrato dall'alto verso il basso, le seguenti unità:

- da 0,00 mt. a - 1,30 mt, terreno vegetale frammisto a detriti calcarei eterometrici; - da - 1,30 mt a - 8,20 mt, calcari e calcari marnosi di tinta beige chiaro, fratturati e tettonizzati, carotati sotto forma di breccia calcarea;

- da - 8,20 mt a - 11,60 mt, argille di colore variabile dal grigiastro al marrone, da poco a mediamente consistenti, a tratti plastiche, inglobano pezzi di selce;

- da - 11,60 mt a - 13,00 mt, argille grigie a struttura omogenea, consistenti;

- da - 13,00 m a - 17,80 mt, argille di colore nero, consistenti;

- da - 17,80 m a - 19,00 mt, argille di colore beige con venature gialle, con frazione sabbiosa, poco consistenti, a tratti umide e plastiche;- da - 19,00 m a - 20,00 mt, argille di colore beige con venature gialle, con frazione sabbiosa, poco consistenti, a tratti umide e plastiche; inglobano elementi lapidei di natura calcarea.

Da quanto sopra esposto si evince che vi è la presenza di acque circolanti nel sottosuolo, il livello della falda, rinvenuta nel sondaggio 3, a - 8,30 m di profondità dal piano campagna, è variabile; infatti nell'area limitrofa dove sono stati realizzati gli alloggi popolari, posta immediatamente a sud, si rinviene alla quota di circa - 1,50 m dal p.c.

L'analisi e la correlazione delle colonne stratigrafiche dei sondaggi eseguiti all'interno del centro abitato e nelle sue zone periferiche, alcuni spinti oltre i 25,00 m di profondità, consente di affermare che all'interno della formazione argillosa flyschioide sono presenti, a quote diverse, lembi calcarei di diverse dimensioni (il sondaggio 3, ha attraversato un blocco di circa 8,20 m di spessore, rinvenendo al di sotto le argille nere della Fm. Mufara, analoga situazione si è verificata in alcuni sondaggi eseguiti a valle di via F.sco Crispi). Sarebbe interessante accertare definitivamente i rapporti stratigrafici, tra l'ammasso di argille e le breccie calcaree intercluse, perché ciò consentirebbe di avere una migliore conoscenza dello stato di circolazione idrica nel sottosuolo, soprattutto nella fascia di terreni sottostanti l'abitato.

Le correlazioni effettuate consentono anche di affermare anche che le argille di base, risultano ovunque mascherate da argille degradate, il cui spessore risulta variabile da 1,00 m ad oltre 2,00 m.

Purtroppo le strutture fondali del tipo diretto, di quasi tutte le costruzioni presenti nel centro storico dell'abitato, poggiano su tale coltre di terreni argillosi rimaneggiati, degradati ed in falda di carenti caratteristiche fisico - meccaniche.



## **5 - INDAGINI SISMICHE, CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE**

Secondo quanto previsto dalla vigente normativa (D.M. 17/01/2018), viene di seguito valutata l'influenza delle condizioni geolitologiche e morfologiche locali.

A tal fine è stata eseguita una campagna di indagini sismiche; in particolare sono stati eseguite **n. 6 prove Masw e n. 5 prove sismiche passive**, a stazione singola HVSR, per la valutazione della risposta sismica di sito mediante l'acquisizione del rumore sismico

**L'indagine sismica passiva, tipo Masw**, è stata condotta attraverso l'analisi, realizzata con sismografo triassiale portatile, delle componenti vibrazionali del terreno.

Le prospezioni sismiche sono state realizzate tramite la collocazione di 24 geofoni lungo un allineamento di 46 metri. I geofoni utilizzati hanno una frequenza di 4,5 hz, e sono stati posti con una equidistanza di 2,0 metri; l'offset è stato posizionato a 5,0 metri dal primo geofono.

Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato il sismografo digitale a 24 canali della PASI srl ad alta risoluzione, in grado di registrare i segnali provenienti da geofoni a componente verticale e di permettere, grazie ad un software di elaborazione interno, un rapido controllo della qualità della registrazione, consentendo un processing preliminare dei dati in situ.

Il sismografo in questione costituisce il componente fondamentale dell'apparato di acquisizione dei dati. Si tratta di uno strumento digitale a 24 canali, dotato di un processore Pentium 266 Intel ad alta risoluzione, una frequenza massima di campionamento di 100.000 Hz, un convertitore

Analogico/Digitale a 16 bit, una velocità massima di campionamento pari 16 ms e una risoluzione di acquisizione a 24 bit, con sovracampionamento e post-processing.

Le impostazioni dei parametri di acquisizione dello strumento vengono scelte in funzione del tipo di indagine eseguito, della lunghezza degli stendimenti, del grado di risoluzione ricercato, delle condizioni ambientali rispetto alle fonti di rumore e tenendo conto della relativa uniformità delle successioni sedimentarie presenti nelle zone indagate.

Per l'energizzazione è stata utilizzata una mazza di battuta del peso di 8 kg con interruttore starter battente su una piastra metallica che è stata utilizzata come dispositivo in grado di generare onde sismiche.

#### ***METODOLOGIA UTILIZZATA ED ELABORAZIONE DEI DATI ACQUISITI***

Quando un terreno viene sollecitato elasticamente, lungo l'interfaccia terreno-aria, si generano onde di Rayleigh attraverso l'interazione tra le onde di compressione P e le onde di taglio S. E' noto che la propagazione delle onde superficiali, nel caso di mezzi stratificati e trasversalmente isotropi, avviene in maniera diversa rispetto al caso di mezzi omogenei; non esiste più una unica velocità ma ogni frequenza è caratterizzata da una diversa velocità di propagazione a sua volta legata alle varie lunghezze d'onda. Queste interessano il terreno a diverse profondità e risultano influenzate dalle caratteristiche elastiche, appunto variabili con la profondità. Questo comportamento è fondamentale nello sviluppo dei metodi sismici che utilizzano le onde di superficie.

Ovviamente le lunghezze d'onda più grandi corrispondono alle frequenze più basse e vanno ad interessare il terreno più in profondità; al contrario le lunghezze d'onda più piccole, poiché sono associate alle frequenze più alte,

rimangono nelle immediate vicinanze della superficie. La velocità di propagazione delle onde di Rayleigh ( $V_r$ ) è pari a  $0,91V_s$  e ai fini pratici ciò si traduce nel fatto che misurando la  $V_r$  si ottiene la  $V_s$  con un errore di calcolo del tutto trascurabile. I metodi basati sull'analisi delle onde superficiali di Rayleigh forniscono una buona risoluzione e non sono limitati, a differenza del metodo a rifrazione, dalla presenza di inversioni di velocità in profondità. Inoltre la propagazione delle onde di Rayleigh, anche se influenzata dalla  $V_p$  e dalla densità, è funzione innanzitutto della  $V_s$ , parametro di fondamentale importanza per la caratterizzazione geotecnica di un sito secondo quanto previsto dalle recenti normative antisismiche.

L'elaborazione e l'interpretazione dei dati sismici è stata eseguita, dalla ditta incaricata, con l'ausilio del software "WinMASW", che consente di analizzare dati sismici (common-shot gathers) acquisiti in campagna in modo tale da poter ricavare il profilo verticale della  $V_s$  (velocità delle onde di taglio). Tale risultato viene ottenuto tramite inversione delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh, determinate tramite la tecnica MASW.

Grazie alle conoscenze geologiche dell'area in esame, si è stabilito per l'interpretazione dei dati acquisiti una modellistica a tre strati. Le curve di dispersione relative ai sondaggi sismici eseguiti sono mostrata nelle pagine successive.

Le analisi dei profili sismici MASW ha permesso la definizione di modelli 1D di velocità delle onde di taglio, localizzabili nei baricentri dello stendimento.

La profondità di penetrazione dell'indagine MASW è determinata dalla relazione tra velocità e frequenze rappresentate nella curva di dispersione. Strati più profondi influenzano, infatti, frequenze inferiori (lunghezze d'onda

maggiori) e di conseguenza sarà la frequenza più bassa a determinare la massima profondità di penetrazione (da cui l'importanza di generare un segnale con una sufficiente quantità di energia anche alle frequenze più basse). Questo valore è determinato attraverso l'approssimazione  $\lambda/2.5$  ed è, quindi, chiaramente solo indicativo. Infatti, è bene precisare che, a causa della variazione dei parametri fisico - meccanici (porosità, contenuto d'acqua, grado di fatturazione, ecc.), non sempre gli spessori sismostratigrafici coincidono con gli spessori litologici.

La classificazione sismica del sottosuolo è stata effettuata facendo riferimento ad un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, poiché le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni sono chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II delle NTC 2018.

La classificazione del sottosuolo è stata effettuata in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{S,eq}$  (in m/s) che nel sito in esame corrisponde alla  $V_{S30}$ .

Le categorie sismiche del sottosuolo investigato sono esposte di seguito:

**Sondaggio M1:  $V_{S30} = 310$  m/s - Categoria del suolo: C**

**Sondaggio M2:  $V_{S30} = 256$  m/s - Categoria del suolo: C**

**Sondaggio M3:  $V_{S30} = 297$  m/s - Categoria del suolo: C**

**Sondaggio M4:  $V_{S30} = 246$  m/s - Categoria del suolo: C**

**Sondaggio M5:  $V_{S30} = 397$  m/s - Categoria del suolo: B**

**Sondaggio M6:  $V_{S30} = 299$  m/s - Categoria del suolo: C**

Considerate le velocità di propagazione delle onde sismiche secondarie equivalenti ottenute, si deduce che il sottosuolo ricade nella categoria sismica **B** (sondaggio masw M5) e nella categoria sismica **C** (restanti sondaggi masw).

Pertanto il sottosuolo risulta afferente a:

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

**Categoria C:** *“Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s”.*

Il dato della masw n° 5 è in relazione con la presenza nel sottosuolo della breccia calcarea fratturata, come evidenziato nella Carta geologica tav. 1.2.

Relativamente all'**indagine sismica a stazione singola HVSR**, (tromografia) è una tecnica che si basa sulla teoria del rapporto spettrale H/V.

Le basi teoriche della metodologia utilizzata hanno origine nei primi studi eseguiti da Kanai (1957) nei quali si dimostrava sperimentalmente una correlazione tra alcuni parametri estratti dallo studio del rumore sismico (analisi spettrale) di un sito e le caratteristiche sismo-stratigrafiche dello stesso.

Il rumore sismico, generato da fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica, è presente ovunque sulla superficie terrestre. Si definisce anche microtremore poiché riguarda oscillazioni molto più piccole di quelle indotte dai terremoti nel campo prossimo all'epicentro. I microtremori sono solo in parte costituiti da onde di volume, P o S, ma in essi giocano un

ruolo fondamentale le onde di superficie che hanno velocità prossime a quelle delle onde di taglio,

In analogia alle tradizionali tecniche di prospezione sismica, la sismica passiva è una tecnica che permette di definire la serie stratigrafica locale basandosi sul concetto di contrasto di impedenza acustica fra strati definiti come un'unità distinte in relazione al rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e la densità del mezzo stesso.

Tra le varie tecniche messe a punto successivamente alle intuizioni di Kanai, si è maggiormente consolidata negli anni quella dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (Horizontal to Vertical Spectral Ratio, HVSR o H/V), proposta da Nogoshi e Igarashi (1970) e successivamente applicata da Nakamura (1989) per la determinazione dell'amplificazione sismica locale.

#### ***STRUMENTAZIONE UTILIZZATA E METODOLOGIA DI ANALISI DEI DATI***

Per l'acquisizione dei dati sperimentali è stato utilizzato un tromografo digitale modello "SR04 GeoBox" della SARA Instruments, il quale racchiude al suo interno tre sensori veloci metrici, ortogonali tra loro, da 4.5 Hz. I dati di rumore sismico, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono stati acquisiti alla frequenza di campionamento di 300 Hz.

Dalle registrazioni del rumore sismico sono state ricavate e analizzate due serie di dati:

- *le curve HVSR ottenute mediante il software Grilla eseguendo un processing con i seguenti parametri:*
- *larghezza delle finestre d'analisi pari a 20 s per tempi di acquisizione di 20 minuti;*

- *lisciamento secondo finestra triangolare con ampiezza pari al 10% della frequenza centrale;*
- *rimozione delle finestre con rapporto STA/LTA (media a breve termine/media a lungo termine) superiore ad 2;*
- *rimozione manuale di eventuali transienti ancora presenti.*

Le curve dello spettro di velocità delle tre componenti del moto sono state ottenute dopo l'analisi con gli stessi parametri sopra riportati.

Le profondità H delle discontinuità sismiche sono state ricavate tramite la seguente relazione :

$$H = \left[ \frac{V_0(1-\alpha)}{4\hat{v}_1} + 1 \right]^{1/(1-\alpha)} - 1$$

In cui:

$V_0$  è la velocità al tetto dello strato;

a un fattore che dipende dalle caratteristiche del sedimento (granulometria, coesione, ecc.);

v la frequenza fondamentale di risonanza.

Per considerare attendibili le misure ottenute, è necessario che:

1. *i rapporti H/V ottenuti sperimentalmente siano “stabili” ovvero frutto di un campionamento statistico adeguato;*
2. *gli effetti di sorgente siano stati effettivamente mediati ovvero non ci siano state sorgenti “dominanti”;*
3. *la misura non contenga errori sistematici (per es. dovuti ad un cattivo accoppiamento dello strumento con il terreno).*

Per la determinazione delle velocità delle onde di taglio si utilizza un codice di calcolo appositamente creato per interpretare i rapporti spettrali (HVSR) basati sulla simulazione del campo di onde di superficie in sistemi multistrato a

strati piani e paralleli (AKI, 1964). Il codice può elaborare modelli con qualsiasi numero di strati (massimo 50 nella finestra di input), in qualsiasi intervallo di frequenze ed in un qualsiasi numero di modi (fondamentali o superiori). Operativamente si costruisce un modello teorico avente tante discontinuità sismiche quante sono quelle evidenziate dalla registrazione eseguita.

Un algoritmo cercherà di adattare la curva teorica a quella sperimentale, in questo modo sarà possibile ottenere gli spessori dei sismo-strati caratterizzati da una determinata velocità delle onde S.

### ***INTERPRETAZIONE DELLE MISURE E STIMA DELLA VELOCITÀ DELLE ONDE S***

L'interpretazione consente di correlare il valore di picco dello spettro di risposta HVSR con la profondità del substrato roccioso compatto (bedrock geofisico) e di individuare una corrispondenza tra i valori di frequenza relativi alle discontinuità sismiche e i cambiamenti litologici presenti nel sottosuolo.

Interpretando i minimi della componente verticale come risonanza del modo fondamentale dell'onda di Rayleigh e i picchi delle componenti orizzontali come contributo delle onde SH, è possibile ricavare il valore della frequenza caratteristica del sito. Sapendo che ad ogni picco in frequenza corrisponde un contrasto di impedenza acustica ad una determinata profondità, si può estrapolare una stratigrafia geofisica del sottosuolo.

Negli ultimi anni un progetto europeo denominato SESAME (Site Effects Assesment using AMbient Excitations) si è occupato di stabilire delle linee guida per la corretta esecuzione delle misure di microtremore ambientale in stazione singola e array. Per una corretta ricostruzione sismica del sottosuolo e



una buona stima delle onde  $V_s$  è necessario adottare una modellizzazione numerica che può essere rappresentata dalla seguente equazione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^n \frac{h_i}{v_i}} \quad (3.5)$$

Dove:

$V_s$  = velocità delle onde di taglio (m/s)

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

$h_i$  = spessore dello strato  $i$ -esimo

Tramite la formula 3.5, in corrispondenza dei punti di misura sono state stimate le velocità equivalenti delle onde di taglio ( $V_{s,eq}$ ) in relazione alle categorie di sottosuolo indicate in Tab. 3.2.II delle N.T.C. 2018 che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

Considerato che la velocità di propagazione delle onde sismiche secondarie equivalenti ottenuta, è risultata compresa tra pari a 180 e 360 m/s si deduce che il sottosuolo ricade nella categoria sismica **C** in quanto risulta composto da:

*“Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s”.*

Si riepilogano qui di seguito, i risultati delle elaborazioni delle indagini HVSR.

- La prospezione n°1, eseguita in via Canalicchio, zona a valle di via Pantaleo, ha mostrato un valore di  $V_s$  (0,0- 30,0) di 214 m/s.

- La prospezione n°2 eseguita in via Roma, parte sud, in prossimità della strada Palazzo Adriano – Bivona, ha mostrato un valore di  $V_s$  (0,0- 30,0) di 266 m/s.
- La prospezione n°3, eseguita pressoché ad est dell'ospedale, ha mostrato un valore di  $V_s$  (0,0- 30,0) di 251 m/s.
- La prospezione n°4, eseguita in prossimità della SS. 188, a valle degli alloggi popolari, ha mostrato un valore di  $V_s$  (0,0- 30,0) di 260 m/s.
- La prospezione n°5 eseguita in via Francesco Crispi, in prossimità della traversa di via Ospedale Vecchio, ha mostrato un valore di  $V_s$  (0,0- 30,0) di 260 m/s.

Il valore più basso di velocità equivalente è risultato quello di via Canalicchio, siamo nella zona a valle di via XX Settembre e di via Pantaleo, interessate da fenomeni di dissesto idrogeologico, ciò è spiegabile perchè in tale zona, lo spessore delle argille degradate, alterate e rimaneggiate è notevole, anche perchè le acque provenienti da monte, tengono le argille in uno stato di saturazione.

## **6 - CARTA LITOTECNICA DELLE AREE DI TRASFORMAZIONE URBANISTICA – CARATTERISTICHE FISICO MECCANICHE**

In tale elaborato, redatto secondo quanto prescritto dall'allegato D della circolare 3/DRA del 20-06-2014 dell'Assessorato Regionale Territorio ed Ambiente, le unità litologiche sono state distinte in due insiemi: uno relativo al substrato ed uno relativo alle coperture.

In particolare, sono afferenti alle coperture:

- i detriti di falda di natura calcarea, assimilabili a *Sedimenti a grana grossa*, cioè frammenti lapidei spigolosi con frazione fine interstiziale (*unità litotecnica F2*);
- la coltre di argille limose e sabbiose inglobanti detriti eterometrici, assimilabili a *Sedimenti a grana fine e finissima*, cioè limi argillosi o argille inglobanti frammenti lapidei spigolosi (*unità litotecnica H1c*).

Sono afferenti al substrato:

- le brecce calcaree mediamente ben cementate, assimilabili a *Successioni Conglomeratico-Sabbioso-Argillose*, con medio/elevato grado di cementazione (*unità litotecnica C2.2-C2.3*),
- i calcari in strati centimetrici e decimetrici tettonizzati, afferenti alle *Successioni Carbonatiche*, (*unità litotecnica A1*);
- le argille ed argille debolmente sabbiose della formazione flyschioide "Mufara", afferenti a *Successioni con alternanza di litotipi diversi*, (*unità litotecnica B4s*) dove sono prevalenti i litotipi argillosi.

Per la caratterizzazione geotecnica dei litotipi costituenti il sottosuolo, sono stati prelevati, in fase di esecuzione dei sondaggi eseguiti per lo Studio Geologico relativo allo Schema di massima, n° 8 campioni indisturbati

Sui campioni, sono state determinate, dopo il riconoscimento macroscopico, le caratteristiche fisiche (peso specifico  $\gamma_s$ , peso di volume  $\gamma$ , contenuto naturale di acqua  $W_n$ ).

Per la determinazione delle caratteristiche meccaniche, sono state effettuate n° 6 prove di taglio diretto mediante apparecchio di Casagrande del tipo consolidata-drenata (CD), con tempi di consolidamento non superiori alle 24 h per ogni provino.

Le prove di taglio sono state portate a termine con la rottura di tre provini, per ogni prova, dalle dimensioni standard: ogni provino è stato dapprima consolidato per il tempo necessario ad annullare i cedimenti, controllati attraverso un micrometro, e quindi rotto sotto un diverso carico verticale di consolidazione ( $\sigma_1 = 1,00 \text{ Kg/cmq}$ ;  $\sigma_2 = 2,00 \text{ Kg/cmq}$ ;  $\sigma_3 = 1,00 \text{ Kg/cmq}$ ), con velocità assegnate in base ai tempi di consolidazione.

I punti di rottura di ogni prova sono stati riportati in un grafico con in ascisse la pressione assiale di rottura ( $\sigma$ ), ed in ordinate la tensione di taglio ( $\tau$ ) alla rottura (piano di Mohr).

La loro interpolazione ha fornito, per ogni campione i valori di coesione ( $c'$ ) e di angolo d'attrito ( $\phi'$ ).

E' emerso che le argille limose, più o meno rimaneggiate, inglobanti detriti, presenti fino a 4,50 – 5,00 m, di profondità, presentano una coesione bassa, variabile da 10,00 kN/mq (S.1 C.1) a 16,00 kN/mq (S.2 C.1), un angolo di attrito interno di 26° (verosimilmente per la presenza di minuti detriti, all'interno delle argille), ed un peso di volume  $\gamma$  da 1,96 t/mc a 1,90 t/mc.

Le argille limose, carotate a maggiori profondità, fino a 16,00 m, presentano migliori valori di coesione, variabili da: 14,00 kN/mq (S.1 C.2) a

20,00 kN/mq (S. 2 C.3); l'angolo di attrito  $\phi'$ , risulta compreso tra 20° e 24°, ed il peso di volume  $\gamma$ , da 1,88 t/mc a 2,00 t/mc.

Sono state eseguite anche, n° 4 prove di compressione semplice (ELL), sulle argille limose, per la determinazione della coesione non drenata ( $C_u$ ), che è risultata essere variabile da 98,40 kN/mq (S3 C.2) a 276,00 kN/mq (S.1 C.1).

I grafici e le schede, relative alle analisi e prove di laboratorio, dove sono riportati e diagrammati i risultati ottenuti, sono stati già in possesso del Comune.

Per ogni unità litologica è stato definito il range di valori delle caratteristiche fisico – meccaniche.

Ai detriti di falda, presenti al margine dell'unità di breccia calcarea mediamente ben cementata, su cui si adagia il centro storico del paese in prossimità del Castello, che si rinvengono anche lungo il versante posto ad ovest di via Messina, si possono attribuire seguenti parametri geotecnici:

peso di volume  $\gamma = 17,00 - 18,00$  KN/mc; coesione  $c' = 0 - 0,5$  KN/mq;  
angolo di attrito  $\phi' = 22^\circ - 26^\circ$ .

Alla coltre di argille limose e sabbiose, presenti nel versante di via XX Settembre ed a valle di via Francesco Crispi, si possono attribuire:

peso di volume  $\gamma = 18,00 - 19,00$  KN/mc; coesione  $c' = 5,00 - 10,0$  KN/mq;  
angolo di attrito  $\phi' = 18^\circ - 22^\circ$ ; coesione non drenata  $C_u = 30,0 - 60,0$  KN/mq.

E' opportuno precisare che al di sotto della coltre argilloso-detritica, rimaneggiata e degradata, che presenta spessori diversi, si rinvengono in tutti i sondaggi, (da S1 a S14, da S50 a S58), a profondità variabile, le argille grigie con letti di arenarie e lembi calcarei della formazione Mufara.

Alle brecce calcaree, che derivano dalla fatturazione e tettonizzazione di unità calcaree, si possono attribuire:

peso di volume  $\gamma = 18,00 - 18,50$  KN/mc; coesione  $c' = 2,0 - 5,0$  KN/mq;  
angolo di attrito  $\phi' = 21^\circ - 25^\circ$ .

Relativamente alle caratteristiche fisico – meccaniche, lo stato di fratturazione dei suddetti ammassi di rocce lapidee di natura calcarea è molto accentuato, cosicchè i caratteri litologici e le proprietà fisiche originarie tendono a confondersi per la comparsa di un più spiccato e diffuso grado di brecciatura. I lembi di roccia hanno pertanto subito una modificazione in sito molto profonda delle loro caratteristiche strutturali attraverso processi d'intensa compressione, microbrecciatura e laminazione, tanto da acquisire in molti tratti condizioni ed aspetti propri delle rocce milonitiche.

E' bene precisare a questo proposito che le rocce in esame non vanno considerate come delle vere rocce sciolte, ma piuttosto come rocce intensamente laminate e compresse.

Sotto il profilo tecnico possono essere pertanto considerate, in condizioni limite, come rocce lapidee tenere.

Ai calcarei stratificati ed a tratti fratturati e tettonizzati si possono attribuire seguenti parametri geotecnici:

peso di volume  $\gamma = 22,00 - 25,00$  KN/mc; coesione  $c' = 0 - 0,5$  KN/mq;

angolo di attrito  $\phi' = 26^\circ - 37^\circ$ ;

valori di resistenza a compressione ( $\sigma_r$ ) = 180,00 - 350,00 KN/mq.

Alle argille ed argille con frazione sabbiosa, che costituiscono le unità di base, si possono attribuire:

peso di volume  $\gamma = 18,5 - 20,00$  KN/mc; coesione  $c' = 12,00 - 20,0$  KN/mq;

angolo di attrito  $\phi' = 23^\circ - 26^\circ$ ; coesione non drenata  $C_u = 70,0 - 150,0$  KN/mq.

Si tratta di un range di valori di massima, che ovviamente andranno determinati volta per volta per singola opera da realizzare. Dovrà anche essere effettuata ai sensi della normativa tecnica vigente la caratterizzazione dei parametri geotecnici.

## **7 - CARTA DI SINTESI PER LA PIANIFICAZIONE GENERALE**

La correlazione di tutti i dati significativi, provenienti dal rilevamento geologico e geomorfologico, dalla ricerca bibliografica, dalle indagini geofisiche e geognostiche, in parte acquisite ed in parte eseguite negli anni dallo scrivente, nel territorio comunale di Palazzo Adriano, ha consentito di redigere le carte: geologica, geomorfologica, litotecnica delle aree di trasformazione urbanistica e la **Carta di Sintesi per la Pianificazione Generale**, e di ricostruire le condizioni di assetto dei terreni e delle formazioni presenti nel sottosuolo del centro abitato e delle zone periferiche.

Quest'ultimo elaborato è una carta di sintesi delle caratteristiche geologiche s.l. del territorio che fornisce tutte le indicazioni in ordine alle limitazioni, ed ai condizionamenti (criticità di carattere geologico), che implicino la necessità di prevedere specifiche cautele nella realizzazione degli interventi consentiti; costituisce la conclusione dell'iter di redazione degli studi di pianificazione generale.

Nella carta di sintesi per la Pianificazione Generale, sono state indicate tre classi:

- **Classe 1**, con suscettività d'uso non condizionata.

Si tratta di aree prive di particolari problematiche geologiche, geomorfologiche, idrauliche, idrogeologiche o litotecniche per cui non sono previste particolari limitazioni all'utilizzo.

In tali aree l'assetto geologico, geomorfologico e litotecnico dei terreni presenti nel sottosuolo è tale da non rendere necessarie particolari prescrizioni se non



quelle indicate dalle vigenti normative tecniche per le costruzioni (D.M. 17 gennaio 2018).

- **Classe 2**, con suscettività d'uso condizionata.

Si tratta di zone nelle quali sono state riscontrate rilevanti problematiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche o litotecniche, che ne condizionano l'uso a scopo edificatorio. Pertanto sono possibili nuove edificazioni a condizione di rispettare le prescrizioni esecutive indicate.

Nelle suddette aree dovranno essere eseguite preliminarmente all'edificazione, adeguate indagini geofisiche, geognostiche e geotecniche per individuare il piano di sedime, con caratteristiche fisico- meccaniche compatibili con le infrastrutture da realizzare e la tipologia di opere di drenaggio più efficaci e funzionali. In particolare dovranno essere eseguiti dei sondaggi a carotaggio continuo, nei quali installare piezometri ed inclinometri per la determinazione del livello della falda idrica, delle sue oscillazioni, e per la razionale misurazione degli spostamenti relativi, nelle aree interessate da movimenti gravitativi.

- **Classe 3**, con suscettività d'uso totalmente limitata.

La pericolosità /vulnerabilità molto alta comporta forti limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori. Le criticità sono determinate da dissesti gravitativi in atto e da scenari di pericolosità sismica potenziali. Non sono pertanto possibili nuove edificazioni ma solamente opere di mitigazione del rischio.

In tali zone, oltre alle indagini previste nella suddetta Classe 2, si dovranno anche determinare le più adatte tipologie di intervento per la mitigazione del rischio. In particolare le opere di mitigazione potranno essere diverse a seconda della tipologia di infrastruttura da proteggere (strade o edifici), dei litotipi interessati e quindi della tipologia del fenomeno di dissesto.

All'interno del centro abitato e nelle zone periferiche vi sono diverse **aree con suscettività d'uso totalmente limitata**, poiché soggette ad accentuazione dei fenomeni di instabilità presenti:

- in Via XX Settembre e via Pantaleo;
- a sud del campo sportivo, dove vi è una strada tranciata da un frana e fenomeni di dissesto in atto lungo il versante, conseguenti anche ad erosione accelerata;
- a valle di via Francesco Crispi , (via Vallon di Nardo, via Vaccaro, via Di Maggio, via Barcia, Vicolo Zingaro, via Salvatore Alessi, via Chiaramonte, via Stoppino, via Chiodo, via Cardinale);
- ad Ovest ed a Sud dell'ospedale ed a nord dello stesso, a valle della strada, che conduce agli alloggi popolari di C.da San Marco;
- a valle di via Messina, dove è ubicato il vetusto e fratturato scatolare in c.a., che smaltisce verso valle le acque provenienti da gran parte del paese;
- lungo il costone calcareo prospiciente su via Messina, nella parte settentrionale della via, all'uscita del paese in direzione di Bisacquino.

In tale carta sono state inserite anche, con suscettività d'uso limitata, **le aree di rispetto delle sorgenti**, ai sensi del D.P.R. 236/88 del D.L.vo n. 152/99, modificato dal Decreto "Acque- Bis" (Decreto legislativo 18 agosto 2000, n. 258 e successive modifiche ed integrazioni.

All'interno di queste aree distinguiamo:

- una **zona di tutela assoluta** che deve avere una estensione di raggio non inferiore a dieci metri, e deve essere adibita esclusivamente ad opere di presa e a infrastrutture di servizio; deve essere recintata e provvista di opere di canalizzazione per le acque meteoriche;

- una **zona di rispetto**, è costituita dalla porzione di territorio circostante la zona di tutela assoluta da sottoporre a vincoli e destinazioni d'uso tali da tutelare qualitativamente e quantitativamente la risorsa idrica captata.

In particolare nella zona di rispetto sono vietati l'insediamento dei seguenti centri di pericolo e lo svolgimento delle seguenti attività:

- a) dispersione di fanghi ed acque reflue, anche se depurati;
- b) accumulo di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi;
- c) spandimento di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi;
- d) dispersione nel sottosuolo di acque meteoriche provenienti da piazzali o strade;
- e) aree cimiteriali;
- f) apertura di cave che possono essere in connessione con la falda;
- g) apertura di pozzi a eccezione di quelli che estraggono acque destinate al consumo umano e di quelli finalizzati alla variazione dell'estrazione alla protezione delle caratteristiche quali – quantitative della risorsa idrica;
- h) gestione rifiuti;
- i) stoccaggio di prodotti ovvero sostanze chimiche pericolose e sostanze radioattive;
- l) centri di raccolta, demolizione e rottamazione di autoveicoli;
- m) pozzi perdenti;
- n) pascolo e stabulazione di bestiame che ecceda i 170 chilogrammi per ettaro di azoto presente negli effluenti, al netto delle perdite di stoccaggio e distribuzione;

- una **zona di protezione**, a proposito della zona di protezione, si ribadisce che la falda da cui attinge la **sorgente “Fontana Grande”** si localizza nel grande “serbatoio naturale” di Piano di Fuscina e verosimilmente riceve anche

alimentazione dai rilievi calcarei afferenti a “Cozzo Zimmì”, che invece alimentano direttamente le **sorgenti “Fuscia”**.

Vista la natura delle unità affioranti, che presentano caratteristiche di permeabilità elevata, considerata la tipologia delle captazioni (praticamente superficiali), si ritiene che grossi insediamenti o allevamenti zootecnici, in località Piano di Fuscia, con i loro scarichi, possono costituire fonti di inquinamento, per le acque che si utilizzano ad uso potabile.

Relativamente alle costruzioni già esistenti in Piano di Fuscia, si consiglia di verificare se sono in regola con quanto stabilito dalla Delibera del Comitato Interministeriale per la Tutela delle acque dall'inquinamento del 4 febbraio 1997 (Allegato 5), del D.L.vo n.152/99 modificato dal Decreto Legislativo 18 agosto 2000, n. 258 (Acque - Bis), e s.m.e i., tenendo presente che “lo smaltimento degli scarichi liquidi è vietato nei terreni soggetti a vincolo idrogeologico”.

Nella zona di protezione, considerata la vulnerabilità dell'acquifero, non è consigliabile autorizzare scavi o trivellazioni per l'esecuzione di pozzi, che possono essere essi stessi, fonte di inquinamento delle falde profonde, in quanto possono ivi trascinare dei contaminanti presenti nelle falde superficiali.

Si prescrive di estendere la zona di protezione, all'intera area di Piano di Fuscia, fino all'area di captazione della sorgente “Fontana Grande”.

Relativamente al **sistema vincolistico**, il territorio di Palazzo Adriano è sottoposto a diversi vincoli sovracomunali di origine sia regionale che nazionale e comunitaria, in particolare:

- Vincoli e prescrizioni imposti dal P.A.I. (Piano Straordinario per l'Assetto Idrogeologico), approvato con Decreto n° 298/2.000 e successive modifiche ed integrazioni, aggiornato in ultimo con Decreto n° 261 del 13/06/2012;

Le aree con il relativo grado di Pericolosità e Rischio sono state sostanzialmente inserite nelle carte tematiche che fanno parte della presente relazione.

Vi sono anche:

- Vincolo paesaggistico e delle aree boschive (D.A. 6080/99 Linee guida P.T.P.R. – L.R. 16/96 e ss.mm.ii.);
- Con l'istituzione del Parco dei Monti Sicani (D.A.281/gab. del 19/12/2014) l'originaria Riserva Naturale Orientata di Palazzo Adriano e Valle del Sosio è stata inglobata nell'area del Parco;
- Vi sono i vincoli relativi alle Aree SIC e ZPS – Rete Natura 2.000;
- Vi sono anche Aree perimetrare e vincolate ai sensi della Legge 29.06.1939 N° 1497 (Protezione delle bellezze naturali) e per effetto della Legge 08.08.1985 N° 431 ( Legge Galasso), ed ai sensi del Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio, D.A. n./2004, art. 142;

Vi è anche il vincolo costituito dalle zone di rispetto a protezione delle sorgenti ai sensi del D.P.R 236/88 e del D. L.vo n. 152/99, modificato dal Decreto “Acque Bis” (D.L.vo 18 agosto 2.000, n. 258) e s.m.e i.

Ed il vincolo dato dalla fascia di rispetto del cimitero.

Sotto la tutela delle Leggi N° 1497 e N° 431, emanate per le zone soggette a vincolo paesaggistico e idrogeologico, cade anche quell'area costituente il complesso paleontologico, individuabile nelle località della Pietra di Salomone, della Rupe di San Calogero, della Pietra dei Saraceni, della Rupe di Passo di Burgio e della Rocca di San Benedetto.

Per la perimetrazione di tutte le aree sottoposte a vincolo si rimanda agli appositi elaborati progettuali.

**Relativamente al centro urbano**, l'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh, a partire dai dati di sismica attiva (MASW), e delle indagini sismiche a stazione singola HVSR (tomografie), hanno consentito di determinare i profili verticali delle Vs (del modulo di taglio) e, di conseguenza, dei parametri Vs30, dei terreni che costituiscono il sottosuolo del centro urbano.

Considerate le velocità di propagazione delle onde sismiche secondarie equivalenti ottenute, si deduce che il sottosuolo ricade, per una piccola parte nella categoria sismica **B**, e prevalentemente nella categoria sismica **C**.

Il sottosuolo risulta quindi afferente alle due categorie:

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

**Categoria C:** *“Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s”.*

L'analisi e la correlazione delle colonne stratigrafiche dei numerosi sondaggi e pozzetti geognostici eseguiti all'interno del centro abitato e nelle sue zone periferiche, consentono di affermare che le formazioni di base, sono costituite sostanzialmente da argille triassiche e da calcari triassici a tratti ridotti a breccie calcaree.

Tali formazioni, risultano mascherate da una fascia di argille alterate e degradate e spesso contenenti detriti (di diverso spessore), e nelle parti periferiche del centro abitato, da materiali di riporto che sono stati scaricati nel tempo, sulle unità di base.

Le suddette unità superficiali risultano eterogenee, rimaneggiate, compressibili e sono sede di filtrazioni idriche.

Sono presenti anche all'interno del centro abitato urbano, dove si possono riscontrare argille sabbiose e limose rimaneggiate con inclusi frammenti lapidei eterometrici.

I fenomeni di dissesto che interessano il centro abitato (zona di via XX Settembre, zona a valle di via Francesco Crispi, dove è stato effettuato un intervento di consolidamento e dove è previsto un intervento di monitoraggio post opera, (che consentirà di accertare se con l'intervento effettuato l'area si è stabilizzata), sono dovuti a fenomeni di scivolamenti di tali argille alterate, degradate e spesso in falda, inglobanti detriti eterometrici, che tendono a scoscendere verso valle.

Relativamente al dissesto di via XX Settembre esso coinvolge la sede stradale e diverse costruzioni, soprattutto tra i numeri civici 105-107-109-111, che presentano lesioni preoccupanti.

Si tratta di un fenomeno di scivolamento lento delle argille verso valle, pressochè in direzione nord est, verso il campo sportivo, ma che può subire una accentuazione a causa della copiosa presenza di acque presenti nel sottosuolo di via xx settembre (la falda è stata rinvenuta a – 1,50 m circa dal piano strada nel sondaggio 1); le suddette acque provenienti da monte (dove è presente la zona di captazione della sorgente Fontana Grande), lubrificano la coltre di terreni superficiali, sulla quale poggiano le strutture fondali delle costruzioni, e favoriscono il loro scorrimento verso valle.

Da quanto sopra esposto si evince che:

- Risultano di primaria importanza i rapporti esistenti fra i terreni appartenenti alle coltri superficiali di origine detritica e i terreni di substrato, specie nelle zone di interferenza con il centro urbano e della zona di espansione;
- le coltri di terreno superficiale, uniformemente estese in tutta l'area in esame, presentano spessori alquanto variabili, che tendono ad aumentare e ad approfondirsi in corrispondenza della periferia nord ovest del paese, dove sono stati realizzati gli alloggi popolari, e nelle aree limitrofe poste rispettivamente a nord ed a nord ovest, ed ancora più a valle;
- le coltri di detrito con prevalenti caratteri di argilla rimaneggiata, denotano condizioni di instabilità superficiale, attivate dai processi di lento scorrimento dei suoli (creep);
- terreni di origine detritica si sviluppano anche con differente spessore, in tutta la zona che sovrasta l'abitato corrispondente alla località Piano di Fuscìa, andando ad occultare uniformemente la serie dei terreni di substrato.

Sotto il profilo idrogeologico, tale fascia superficiale, di contatto fra il complesso permeabile calcareo e l'ammasso argilloso impermeabile, costituisce la zona preferenziale di emergenza delle falde idriche.

La Sorgente "Fuscìa" si localizza infatti, nella porzione meridionale di Piano di Fuscìa, al contatto tra la formazione calcarea costituente le propaggini nord occidentali di Cozzo Zimmì, i detriti e le breccie calcaree poste più a nord, costituenti la zona a morfologia piatta, e l'unità limo – argillosa, inglobante detriti che costituisce la parte centrale di "Piano di Fuscìa". A Piano di Fuscìa quindi, per un ulteriore aumento della permeabilità dell'accumulo detritico, le acque in maniera rapida passano nel sottosuolo e vanno ad incrementare la falda e ad impinguare le sorgenti poste a valle.



Tale situazione di emergenza localmente può restare occultata dall'espansione della sovrastante coltre di detriti, cosicchè le venute idriche emergenti dai punti di scaturigine naturale possono trovarsi disperse nella suddetta coltre di detrito e raggiungere la superficie solo nei punti altimetricamente più depressi, posti più a valle.

Per le sorgenti sono state indicate le zone di rispetto che devono avere una estensione di raggio non inferiore a 200 m, rispetto al punto di captazione.

Relativamente alla zona di Piano di Fuscina , poiché costituisce il “ grande serbatoio naturale” da cui attinge la Sorgente Fontana Grande, per la tutela della falda, considerata la natura delle unità affioranti, che presentano caratteristiche di permeabilità elevata, si ritiene di estendere il limite della zona di protezione, in direzione Nord, oltre i 200 m, cioè in tutta la zona depressa di Piano di Fuscina, ed ancora più a nord, fino all'area di captazione della Sorgente Fontana Grande.

## 8 - PREVISIONI DEL PIANO REGOLATORE GENERALE

In riferimento alle **previsioni del Piano Regolatore Generale**, dopo quanto esposto nei capitoli precedenti, si rappresentano zona per zona le considerazioni ed i necessari accorgimenti geologico – tecnici a salvaguardia delle infrastrutture da realizzare.

Relativamente alla **zona A** (Città storica) per la gran parte ricade nella Classe 1 suscettività d'uso non condizionata; tranne la zona situata a valle di via Francesco Crispi, la parte sud di via XX Settembre ed il costone prospiciente via Messina all'uscita del paese, in direzione di Bisacquino, tali zone ricadono invece nella Classe 3 a suscettività d'uso totalmente limitata, e sono contrassegnate nella carta di sintesi per la pianificazione generale, con il colore rosso. In tali aree, a rischio idrogeologico “molto elevato” non sono consentite nuove edificazioni ma solo interventi di manutenzione ordinaria degli edifici, interventi volti a mitigare la vulnerabilità degli edifici esistenti, gli interventi di consolidamento le opere di bonifica e sistemazione dei movimenti franosi, le opere di regimazione delle acque superficiali e sotterranee.

Relativamente a via XX Settembre, come si è detto nei capitoli precedenti, si ritiene necessario eseguire al più presto, interventi di monitoraggio per definire l'entità del lento movimento gravitativo che già ha causato danni alle costruzioni ivi esistenti.

Per quanto riguarda la **zona B**, relativamente alle **aree B1** non ci sono particolari problematiche, per le **aree B2**, poste pressochè a sud dell'ospedale, a monte ed a valle della strada Palazzo Adriano – Bivona, prima di qualsiasi intervento edificatorio, si dovranno eseguire le indagini geognostiche previste

dalle vigenti normative tecniche; per l'area posta a sud del campo sportivo, a circa 150 m di distanza, che si sviluppa da circa 700,00 m a 710,00 m di quota s.l.m., poiché una parte dell'area ricade nella classe 2, ed il versante è interessato da fenomeni di dissesto, è necessario eseguire, preliminarmente a qualsiasi intervento edificatorio, adeguate indagini geofisiche, geognostiche e geotecniche, per individuare il piano di sedime con caratteristiche fisico – meccaniche compatibili con le infrastrutture da realizzare. In tale area si dovranno eseguire adeguate opere di drenaggio, poiché la falda è presente a piccola profondità rispetto al piano di campagna e nel periodo invernale coincide con lo stesso.

Per le aree B3, di riqualificazione urbana (ex aree di edilizia economica e popolare) ricadenti alla periferia nord ovest del centro abitato, in una area posta quota più bassa rispetto a quelle circostanti, anche qui necessitano razionali opere di drenaggio e regimazione delle acque superficiali. Al limite di questa area è presente una fascia ricadente nella classe 3, per la presenza di uno scatolare in c.a. che riceve le acque di gran parte del paese e li convoglia nell'impluvio presente immediatamente a valle della S.S. 188 (quota 688,90 s.l.m.). Tale struttura versa in uno stato di degrado, presenta numerose lesioni e fratture, necessita quindi di opere urgenti di manutenzione straordinaria.

Relativamente alla **zona C**, per l'area di espansione urbana C1, posta pressochè a nord ovest degli alloggi popolari, ed a valle della strada prospiciente la chiesetta di Madonna della Pietà, anche qui, poiché una parte dell'area ricade nella classe 2, ed il versante è interessato da fenomeni di dissesto, è necessario eseguire, preliminarmente a qualsiasi intervento edificatorio, adeguate indagini geofisiche, geognostiche e geotecniche, per individuare il piano di sedime con caratteristiche fisico – meccaniche compatibili con le infrastrutture da

realizzare, ed opere di drenaggio e di regimazione idraulica poichè è attraversata da un piccolo solco che riceve una parte delle acque provenienti dall'area degli alloggi popolari.

Per l'area di espansione C2, posta a in c.da Beveraturella, a monte ed a valle della strada Palazzo Adriano – Bivona, anche qui è necessario effettuare, prima di interventi edificatori, indagini geognostiche di dettaglio, ed opere di regimazione idraulica delle acque provenienti dalle strade soprastanti che costeggiano l'area; in particolare nell'area posta a valle della strada intercomunale, il S.37 ha evidenziato notevoli spessori di argille limose e limi sabbiosi nerastrati molto rimaneggiati inglobanti detriti eterometrici .

Relativamente alla **zona D**, aree per l'artigianato di servizio e di produzione, essa risulta prospiciente la parte nord di via Vallon di Nardo, si sviluppa in direzione nord – sud, da circa 659,00 m a 668,00 di quota s.l.m.; via Vallon di Nardo nella parte sud, prossima a via Francesco Crispi, è stata interessata (a seguito di un fenomeno di dissesto), da un intervento di consolidamento da poco collaudato. Poichè una parte di tale zona ricade nella Classe 2, si dovranno eseguire preliminarmente indagini geognostiche di dettaglio, e la regimazione ed il razionale convogliamento verso valle, delle acque provenienti dal versante, che attualmente scorrono in modo disordinato, ed invadono la sottostante via Parpaglione e l'area sottostante posta a quota 654,30 s.l.m.

Relativamente all'area Dm, area per il mercato all'aperto, essa è stata prevista in prossimità del campo sportivo si tratta di un area pianeggiante stabile.

Per quanto riguarda le **zone F1**, relativamente all'area FB, presidi territoriali dello Stato, l'area risulta stabile; trattandosi di una costruzione esistente bisognerà valutare il rapporto terreno - struttura fondale, effettuare le

necessarie verifiche strutturali, e pertanto definire la geometria e tipologia della struttura fondale esistente, ed in relazione a eventuali nuove opere da effettuare, si dovrà valutare la necessità di eseguire interventi di adeguamento strutturale.

Per quanto riguarda la **zona F1** attrezzature di interesse comune:

per l'area FC, cimitero comunale, esiste un progetto definitivo di ampliamento corredato dal previsto studio geologico, il sito è poco acclive e l'area risulta stabile, dal punto di vista sismico e geologico, non sono state riscontrati in atto fenomeni di dissesto. Bisogna fare attenzione in fase di scavo, per la realizzazione di nuove opere, alla falda idrica il cui livello interessa già le strutture fondali di alcuni loculi cimiteriali. E' pertanto necessario che il progetto preveda opportune opere di drenaggio, allo scopo di garantire l'assenza della falda nelle fondazioni delle strutture.

Relativamente alla prevista **zona F2**, l'area An, asilo nido, risulta ubicata a monte degli alloggi popolari, è un'area pianeggiante stabile, dove è presente un notevole spessore della coltre di terreno vegetale e di argille alterate, la falda idrica è presente a piccola profondità rispetto al piano di campagna.

Pertanto va individuata la più idonea tipologia fondale e la struttura dovrà essere sollevata almeno 0,50 m rispetto al piano di campagna e dovranno essere eseguite razionali opere di regimazione e di drenaggio delle acque superficiali e del sottosuolo.

Per quanto riguarda l'area Sm, scuola media, essa ricade a monte del campo sportivo, in un'area che presenta debole pendenza, si sviluppa infatti da circa 687,00 m a quota 692,00 s.l.m., al piede di un versante che nella parte medio – alta è interessato da fenomeni di ruscellamento e franosità diffusa.

Ricade nella Classe d'uso 2 e pertanto dovranno essere eseguite approfondite indagini geofisiche e geognostiche, come previsto nelle prescrizioni esecutive per questa classe; è necessario che il progetto preveda la regimazione delle acque superficiali provenienti da monte e di quelle dell'immediato sottosuolo. Esse dovranno essere razionalmente convogliate e allontanate per gravità, a valle dell'area direttamente interessata dalla scuola. Dovrà inoltre essere verificato il recapito finale dell'impluvio che si trova ad est dell'area interessata.

Per quanto riguarda **l'area Ca**, attrezzature sociali ed assistenziali, prospiciente via Aicella , interessata da attrezzature sociali di proprietà comunale (ex Centro diurno per anziani), considerati i notevoli spessori di materiali di riporto e della sottostante fascia di argille limose molto degradate, rinvenute nei sondaggi eseguiti nell'area, ed il livello della falda, pressochè affiorante , è necessario prevedere razionali opere di drenaggio per la salvaguardia degli edifici esistenti. Anche nella limitrofa Area urbana parzialmente edificata (B2), posta a nord, sempre prospiciente via Aicella, prima di qualsiasi intervento edificatorio, va prevista la realizzazione di opere di drenaggio e di presidio a salvaguardia anche degli edifici privati esistenti. Relativamente alla **zona P**, ed in particolare area per parcheggi bus turistici e distributore carburante, prevista a valle di via Messina, lungo la SS. 188, all'uscita del paese in direzione di Bisacquino, essa ricade su un'area posta a quota più bassa rispetto alla quota della strada statale, il sottosuolo è costituito da argille ed è mascherato da una coltre di terreno vegetale ed argille alterate inglobanti detriti calcarei eterometrici, poiché siamo alla base del costone calcareo, la falda si trova a piccola profondità dal piano di campagna.

Si consiglia pertanto di prevedere il riempimento dell'area, fino alla quota 650,50 m s.l.m., cioè almeno 20 cm al di sopra della quota della strada statale (650,30 m s.l.m.), in modo da potere effettuare il drenaggio del piazzale che si andrà a realizzare, ed allontanare le acque per gravità verso valle ed evitare alluvionamenti e ristagni di acque di precipitazione.

Inoltre si dovrà effettuare la pulitura dell'alveo dell'impluvio che delimita l'area ad ovest per tutto il suo sviluppo, attualmente l'alveo è pieno di vegetazione spontanea, canne ed arbusti ed anche di tronchi e rifiuti trasportati dall'acqua, che occludono l'alveo e rallentano il naturale smaltimento delle acque verso valle.

Per quanto riguarda il potenziamento del viottolo pedonale esistente, che consentirà di raggiungere via Messina, ricadente in parte, sui detriti di falda cementati, andranno previste opportune opere di contenimento della sede stradale lato valle ed opere di salvaguardia lato monte.

Relativamente infine alla viabilità principale periurbana ed urbana da potenziare, si condivide la scelta di sistemare la strada che dalla S.S.188, costeggia l'area degli alloggi popolare, taglia via Parpaglione e raggiunge via Ospedale Vecchio, tale strada infatti funge ormai da circonvallazione del paese. Poichè la sede stradale è lambita da un modesto fenomeno gravitativo, il progetto di sistemazione ed allargamento, dovrà essere corredato da specifiche indagini geognostiche di dettaglio, per definire le idonee opere da realizzare per la mitigazione del rischio a salvaguardia della strada.

I risultati dello studio geologico, illustrati nella presente relazione, rappresentati efficacemente nella cartografia di analisi (carta geologica, geomorfologica, litotecnica delle aree di trasformazione urbanistica) e riassunte nella cartografia sintesi (Carta di Sintesi per la Pianificazione generale),

devono essere utili per sviluppare le scelte progettuali per la predisposizione del piano regolatore generale del territorio, per il razionale riassetto del centro abitato e per la corretta applicazione degli strumenti urbanistici nelle aree di completamento, di riqualificazione ed espansione urbana, nell'individuazione delle aree per l'artigianato di servizio e di produzione, e delle aree dove prevedere le attrezzature (sanitarie, per la cultura di presidio territoriale dello Stato, per l'istruzione).

La trattazione dei temi specifici è stata affrontata nel rispetto delle prescrizioni contenute nella vigente normativa regionale.

L'osservazione e l'esame oculato della cartografia di sintesi, realizzata attraverso la correlazione di tutte le indagini indirette e dirette eseguite nel territorio, tenendo conto delle prescrizioni geologiche esecutive, renderà possibile porre in essere tutti gli accorgimenti tecnici necessari per realizzare adeguatamente le previsioni del piano, per lo sviluppo del territorio e per la definizione della più adatta tipologia di interventi, a salvaguardia delle opere esistenti e da realizzare.

Palermo, 26 Ottobre 2018

Il professionista incaricato  
(Dr. Geol. Giorgio Milazzo)