

OGGETTO: STUDIO GEOLOGICO DEI TERRENI INTERESSATI DALL'INTERVENTO DEI
"LAVORI DI RECUPERO E CONSERVAZIONE DELL'OSPEDALE VITTORIO
EMANUELE-PADIGLIONE SAN MARCO,IN CATANIA".
(L.31/12/1991 n°433).

COMMITT. REGIONE SICILIANA -DIPARTIMENTO REGIONALE DELLA PROTEZIONE CIVILE

Rep.N. DTFB/0805



OGGETTO: STUDIO GEOLOGICO DEI TERRENI INTERESSATI DALL'INTERVENTO DEI
"LAVORI DI RECUPERO E CONSERVAZIONE DELL'OSPEDALE VITTORIO
EMANUELE-PADIGLIONE SAN MARCO, IN CATANIA".
(L.31/12/1991 n°433).

PREMESSA

Per incarico del Committente è stata redatta la presente relazione geologica al fine di descrivere le caratteristiche morfologiche, geologiche e giaciture dei terreni che saranno interessati dagli interventi di recupero e conservazione dell'Ospedale Vittorio Emanuele - Padiglione San Marco (Legge n°.433/91). La relazione è stata eseguita in ottemperanza a quanto previsto dal **D.M. 11/03/1988** e successive Norme Tecniche ed al **D.M. 16/01/1996** in materia di costruzioni in zone sismiche. A tal fine è stato redatto un dettagliato rilevamento di superficie, supportato anche dalle notizie bibliografiche e cartografiche disponibili, e dalle risultanze delle indagini geognostiche e geofisiche opportunamente programmate ed eseguite.

A tale scopo la relazione è stata così articolata:

- 1.0 – Inquadramento morfologico, geologico e idrogeologico.
- 2.0 – Sismicità dell'area.
- 3.0 – Indagini eseguite.
- 4.0 – Situazione specifica dell'area di interesse.
- 5.0 – Conclusioni.

1.0 - INQUADRAMENTO MORFOLOGICO, GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO

Il sito e l'opera d'interesse ricadono all'interno del centro abitato del Comune di Catania, e sono rappresentati dal Complesso Ospedaliero Vittorio Emanuele, compreso fra la Via Plebiscito, il Monastero dei Benedettini, la Via Teatro Greco e la Via V. Sardo; cartograficamente ricade al margine della Tavoletta "Mascalucia" F° 270 IV° SO edita dall'I.G.M.

Catania, come è noto, si estende alla base meridionale dell'edificio vulcanico dell'Etna, dove le estreme propaggini laviche si ritrovano addossate ai rilievi sedimentari posti a sud-ovest della città e/o, da questi, deviate verso est fino al mare oppure riversate direttamente in mare nella parte nord-est. La Città che è in posizione costiera, comprende quindi in gran parte formazioni del distretto vulcanico etneo e marginalmente affioramenti sedimentari.

La **geologia** della città di Catania è il risultato di tre processi principali interagenti nel tardo Quaternario: l'attività vulcano-tettonica, le variazioni del livello marino e l'attività antropica.

Il sottosuolo dell'area urbana è rappresentato da successioni di colate laviche che ricoprono un substrato sedimentario profondamente inciso da paleovalli. Il substrato, che affiora lungo la periferia sud-ovest della città, è costituito da una successione infra-mediopleistocenica di argille marnose, spesse fino a 600 m, passanti verso l'alto ad alcune decine di metri di sabbie giallastre di origine litorale e conglomerati fluviali, riferiti al Pleistocene medio, ricoperti in discordanza da depositi terrazzati di origine alluvionale o marina. Questi depositi costituiti da sabbie, conglomerati e argille siltose di diversi metri di spessore, ricoprono superfici di abrasione marina disposte nell'area urbana a quote decrescenti e riferibili a fasi evolutive differenziate. Ciò è in relazione al forte sollevamento dell'area che è dovuto alla deformazione prodotta dalle faglie normali attive, localizzato nel basso versante sud-orientale etneo. I terreni lavici che hanno colmato le depressioni del substrato sedimentario, rappresentano i terreni più estesamente affioranti nell'area urbana. Esse sono costituite da colate basaltiche che, con direzione di flusso prevalente da NW verso SE, hanno invaso l'area in tempi preistorici e storici (es. 252 d.C., 1381 d.C., 1669 d.C.) addossandosi spesso alle alture sedimentarie presenti a sud-ovest della città. Nella parte più antica della città i livelli superiori sono costituiti, a luoghi, da parecchi metri di rovine di edifici storici derivanti anche dalla distruzione del terremoto del 1693, mentre sono noti altri livelli di origine antropica frapposti alle varie colate storiche. La parte altimetricamente più bassa di Catania è invece occupata da sedimenti alluvionali. Il risultante contesto geologico è dunque caratterizzato da forti eterogeneità sia verticali che orizzontali.

L'assetto **geomorfologico** dell'area urbana è in generale subpianeggiante, e poco inclinato verso SE, risultando dall'azione di colmamento e livellamento operato dalle colate laviche in

sovrapposizione allorché si sono espanse su un substrato sedimentario o lavico a scarsa acclività o addirittura in contropendenza (colline argillose o alluvioni terrazzate). Tale piano inclinato è solo localmente segnato da significative variazioni clinometriche corrispondenti a fronti sepolti di colata o ad alti morfologici del substrato. Entrando nel particolare l'area di specifico interesse ricade nella zona interna della città, esattamente nella zona altimetrica compresa tra le quote 40 e 45m, in cui si riscontra una morfologia pressochè pianeggiante, geologicamente già ricoperta dalle vulcaniti dette dei "F.lli Pii" del 693 a.C. e da un paleodetrito antropico, marginalmente lambita dalla vastissima colata lavica del 1669. A nord dell'area in esame sono presenti degli orli di terrazzo e di scarpata . Oltre a tali elementi morfologici sono stati individuati altri elementi morfologici di origine antropica, che hanno in qualche modo modificato l'originario assetto paesaggistico-ambientale, dati da riporti di varia natura, soprattutto derivanti da sbancamenti e demolizioni e spesso costituiti da vistosi riempimenti e rilevati di pietrame e massi lavici . Tali interventi di riempimento sono serviti localmente per definire l'assetto plano-altimetrico e urbanistico dell'intera zona.

Allo scopo di evidenziare quelle situazioni specifiche che possono risultare utili ai fini progettuali è stato eseguito un rilevamento geologico i cui risultati sono esposti nell'allegato rilievo di dettaglio in scala 1:2.000 .

I terreni affioranti nell'area in esame sono rappresentati da termini sia di natura vulcanica che sedimentaria.

Nell'intorno del sito sono state riconosciute le seguenti formazioni in ordine di sovrapposizione:

- Materiale di riporto
- Lave del 1669
- Paleodetrito antropico
- Lave dei fratelli Pii

Materiale di riporto

E' rappresentato da un ammasso di riporti di epoca relativamente recente molto eterogeneo comprendente : limi e terre vulcaniche e sedimentarie ma soprattutto pietrame lavico e frammenti lateritici e murari appartenenti a macerie belliche e sismiche. Esso si presenta discontinuamente nella parte ovest dell'area in esame.

Lave del 1669

Appartengono alla colata più estesa e disastrosa tra quelle storiche sia per volume di lave emesse sia per la lunghezza del percorso . Tale colata occupa tutta la parte occidentale della città comprendendo i popolosi quartieri di Botte dell'Acqua, Fortino, S.Cristoforo, S.S. Angeli Custodi e le contrade Curia, Susanna, Nesima Superiore ed Inferiore fino al Torrente Acquicella.

Nell'area in esame è presente a nord e nord-est rispetto l'edificio in questione; verso ovest la colata, lambendo le fortificazioni cinquecentesche, ha proseguito fino al mare . La morfologia superficiale di tali lave è caratterizzata superficialmente da grossi blocchi scoriacei a struttura autobrecciata mentre il corpo interno e la parte inferiore sono costituiti da lave compatte dapprima bollose e poi massive di colore grigio intenso, a struttura porfirica con prevalenti fenocristalli di pirosseno.

Paleodetrito antropico

Tale litotipo si ritrova sia all'interno che a sud-est dell'area in esame ed è costituito da: terre sedimentarie da torboso-limose a ciottolose, paleosuoli rossastri e vulcanoclastiti sabbiose con frammenti lavici ed ingloba abbondanti riporti e residui antropici (murature, laterizi, e "cocci") e organici. Tale "paleodetrito antropico", lungo il margine di sovrapposizione, si ritrova intercalato tra le vulcaniti antiche "dei fratelli Pii" e le lave del 1669 , all'interno della colata del 1669 verso ovest invece i sondaggi eseguiti per questo progetto non lo hanno più evidenziato. La diffusione di detto materiale di probabile epoca medioevale, romana e forse greca, individua una zona di maggiore accumulo nell'area del Monastero dei Benedettini – Monte Vergine mentre verso ovest, all'esterno della originaria cinta muraria, area all'epoca non edificata, il paleodetrito antropico si estingue perché non presente o di spessore esiguo e quindi distrutto dalla massa lavica del 1669.

Lave dei fratelli Pii

Queste vulcaniti si ritrovano in posizione basale nella parte centrale e occidentale della Città con uno sviluppo planimetrico simile a quello della soprastante colata del 1669 dalla quale spesso emergono discontinuamente dai margini o affiorano da finestre centrali; affiorano più estesamente nell'area di Cibali .

La caratteristica principale di queste vulcaniti è la loro eterogeneità litologica e strutturale riferibile a vicende eruttive molto complesse e mutevoli. La morfologia superficiale del litotipo lavico è caratterizzata da grossi lastroni scoriacei molto fratturati passanti a facies massiva a struttura porfirica con fenocristalli di plagioclasti. Più frequentemente tali vulcaniti sono

rappresentate da potenti partimenti di brecce autoclastiche a granulometria medio-fina e scarsamente aggregate, interrotte da banchi compatti, aventi sia le une che gli altri, una caratteristica colorazione grigio-rosata; le stesse vulcaniti includono anche ampi partimenti vulcanoclastici sabbiosi. Tali lave, nel complesso presentano una giacitura leggermente a cupola. Nell'area in esame si trovano in posizione sub-affiorante limitatamente alla parte sud-occidentale del complesso ospedaliero in oggetto, mentre in sottosuolo sono sempre presenti.

In conclusione, dal rilievo di dettaglio si è visto che il Padiglione S. Marco dell'Ospedale V.E. insiste sulle lave del 1669 per quanto riguarda il blocco principale prospiciente a nord sulla Via Plebiscito mentre per il resto, contrariamente a quanto si può desumere dalla cartografia scientifica disponibile, ricade sulle vulcaniti "dei F.lli Pii" direttamente o con l'interposizione di un orizzonte più o meno potente di "paleodetrito antropico" o di riporto recente.

Dal punto di vista idrogeologico ai fini della conducibilità idraulica, si possono individuare due classi di terreni, ovvero:

- Terreni a permeabilità elevata con $K > 10$ cm/sec.
- Terreni a media permeabilità con $10^{-4} < K < 10$ cm/sec.

Nella prima categoria rientrano le lave del 1669 e le lave dei Fratelli Pii, caratterizzate da permeabilità secondaria per fessurazione e, per le litofacies autobrecciate e vulcanoclastiche anche per porosità, nella seconda categoria rientrano il riporto e il paleodetrito antropico caratterizzati sempre da una aliquota limosa.






Nell'intorno dell'area in esame, per quanto di nostra conoscenza, sono presenti n.° 3 pozzi, che forniscono dati diretti sull'andamento isopiezometrico della falda che si configura con una superficie leggermente inclinata verso sud-est con quote s.l.m. oscillanti tra gli 8 ed i 6 m. nella zona in esame. Dal punto di vista idrostrutturale il bacino che alimenta i tre pozzi in esame è quello che si estende da NW verso SE tra Catania e Belpasso, ben noto per la sua importanza e corrispondente ad un settore etneo ben delimitato nella parte più meridionale ed incerto verso le quote alte dell'Etna oltre Belpasso.

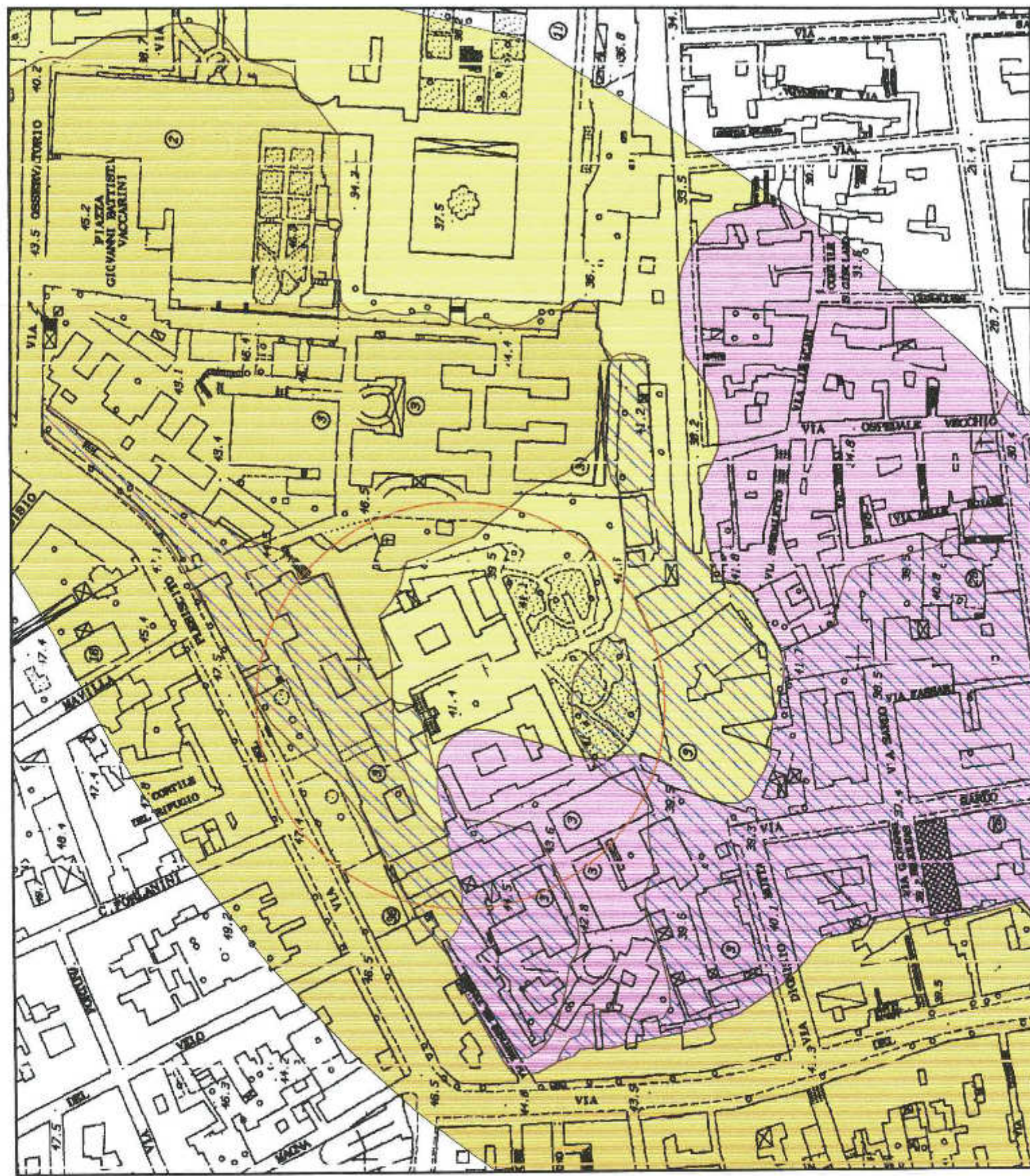
Il bacino considerato, ricavato da carte del substrato derivanti da campagne geofisiche degli anni 60-70, ricade principalmente su terreni vulcanici, permeabili per fessurazione e in minima parte su argille marnose azzurre e terreni sabbiosi-conglomeratici, e presenta una superficie sottesa di circa 72 kmq.

Le acque attraversano la parte ovest della città diagonalmente fino ad arrivare nella zona dell'Ospedale Vittorio Emanuele per poi allinearsi alla via Vittorio Emanuele fino a giungere a Piazza Duomo e disperdersi nell'area portuale.

N.° Pozzo	Località	Quota s.l.m. m.	Profondità pozzo m.	Profondità falda s.l.m.
1	Padiglione San. Marco	41.50	33.00	10.00
2	Pozzo Monastero Benedettini	36.00	28.50	7.50
3	Pozzo dell'Osservatorio	40.00	38.00	11.00

CARTA GEOLOGICA SCALA 1:2.000

-  Coperture di materiale di riporto recente di spessore significativo (>2m)
-  Lave del 1669
-  Paleodetrito antropico
-  Lave e vulcaniti in genere del 693 a. C. dette dei "Fratelli Pii"
-  Area di interesse



2.0 - SISMICITÀ DELL'AREA

La particolare posizione della città di Catania nell'ambito geologico strutturale regionale rende l'aspetto sismico particolarmente complicato. L'attività sismica tipica delle zone vulcaniche, quale è quella a nord della città, connessa direttamente con i movimenti magmatici, presenta quasi sempre una forte attenuazione tipica di ipocentri poco profondi, area mesosismica limitata e quindi in genere danni contenuti. Anche la zona etnea presenta nel complesso le suddette caratteristiche sismiche ma l'elevata complessità del quadro tettonico-strutturale rende difficile la distinzione dell'origine tettonica o vulcanica di un sisma etneo.

Recenti studi geofisici, basati su sezioni sismiche regionali, hanno fatto chiarezza sulle principali caratteristiche tettoniche del basso versante orientale etneo sino all'*off-shore* ionico. Le faglie del versante orientale dell'Etna possono essere considerate strutture crostali attive in quanto dislocano prodotti etnei da 170.000 anni ad oggi; in particolare il sistema NNW-SSE di Acireale-Sant'Alfio, quello che dà luogo alle cosiddette "timpe", caratterizzato da faglie normali con componente trascorrente destra prosegue verso sud al largo della costa ionica, come mostrato dalle suddette recenti sezioni sismiche (linea monocanale J1), collegandosi al sistema della Scarpata di Malta; è indubbio quindi che tali strutture fanno parte di un'unica zona di *rifting* di età medio pleistocenica-olocenica che taglia o riattiva strutture preesistenti; l'alimentazione del vulcano avviene dal letto di questo sistema di faglie dirette crostali che, con immersione verso est, si sviluppa alla base del versante orientale sino all'*off-shore* ionico, attraverso un piano di taglio del blocco crostale rialzato, dove l'assottigliamento dello stesso favorisce l'intervento attivo del mantello. Le frequenti caratteristiche "vulcaniche" della sismicità dell'area orientale etnea, che ha invece origine tettonica, sono dipendenti dalla eterogeneità della crosta ovvero dalla varietà litologica degli strati sismogenetici.

In definitiva la sismicità dell'area di Catania è in qualche modo sempre collegata alle suddette strutture tettoniche relativamente vicine, transitando queste nell'*off-shore* ionico, a prescindere dall'accadimento di attività eruttiva.

Quindi per la zona di Catania, oltre ad esistere una persistente esposizione alla sismicità vulcanica intrinseca, generalmente di limitata energia, con valori di magnitudo di 2.5 – 4.0, e con tipologia di rilascio "a sciame", esiste il problema della scuotibilità, ovvero della sismicità dovuta a terremoti con elevata magnitudo ($M = 5-7$) e con epicentri distanti documentata dalla storia sismologica e, in tempi recenti, ascritta all'attività della Scarpata Ibleo-maltese, nota faglia diretta trascorrente che, molto schematicamente, suddivide il blocco rigido africano in collisione con

quello euroasiatico in due cunei di compressione e spinta: blocco pelagiano ad ovest comprendente l'avampese ibleo e, ad est, il bacino ionico .

Il territorio comunale di Catania, entro in cui ricade l'area interessata, è stato incluso nell'elenco delle località sismiche di 2^a categoria, in virtù del decreto del ministero L.L. .PP. in data 23/9/1981, pubblicato sulla G.U. della R.I. n.314 del 14 /11/1981 concernente l' "Aggiornamento delle zone sismiche della Regione Siciliana ".

Tale inserimento che, a tutt'oggi per la Regione Sicilia, impone un coefficiente di intensità sismica (Cs) pari a 0.07 appare largamente giustificato dalla ricorrenza di eventi sismici che hanno prodotto in passato danni alle strutture edilizie.

Nella normativa sismica, il fattore rappresentativo del terreno assume grande rilievo per la valutazione del coefficiente sismico, di cui esso e' un moltiplicatore, essendo per l'interazione dinamica del terreno – struttura, decisive le caratteristiche locali del terreno.

Tale fattore che esprime in definitiva l'amplificazione dell'accelerazione del terreno, è notevolmente disperso dipendendo da varie cause incerte quali: la distanza dell'epicentro, il tipo di sisma ed il periodo di oscillazione della costruzione rapportato a quello del terreno.

La propagazione dell'energia elastica, emessa con un certo spettro di frequenza dalla sorgente sismica, attraverso il mezzo geologico, determina spesso un'alterazione dello spettro originario.

In linea di massima i materiali a bassa coesione o incoerenti selezionano le frequenze di oscillazione verso i valori più bassi dello spettro, ovvero verso i periodi di oscillazione propri delle strutture determinando le condizioni di effetti di risonanza e quindi il massimo rischio per l'integrità delle strutture.

Tuttavia i materiali dotati di coesione bassa o nulla presentano il vantaggio di assorbire parzialmente le oscillazioni di taglio, che risulteranno al piede dell'opera

Pertanto è stato definito un coefficiente Ks, detto di progetto, determinato da tutti i fattori concorrenti alla più completa e corretta identificazione dell'interazione che si stabilisce fra terreno e strutture sotto l'effetto di un sisma; tale coefficiente di progetto Ks è così rappresentato:

$$K_s = C_s \cdot R \cdot C_f \cdot \beta \cdot \gamma_i \cdot I$$

dove:

Cs =coefficiente di intensità sismica dipendente dalla sismicità dell' area in base alla Normativa vigente; nel caso in esame, trattandosi di 2^a categoria, Cs sarà pari a 0.07;

R =Coefficiente di risposta delle strutture che assume i seguenti valori:

Per $T > 0.8$ sec, $R = 0.862 / T^{2/3}$

Per $T < 0.8$ sec, $R = 1$.

Dove T , rappresenta il periodo proprio di oscillazione della struttura,

C_f =Coefficiente di fondazione espresso come segue :

$$C_f = C_{f_x} \times \alpha_1 \times \alpha_2$$

dove:

C_{f_x} = Dipendente dalla coesione e dalla natura dei terreni, nel caso in esame, nella peggiore condizione riscontrabile nel sito ovvero, come si vedrà, con elevati spessori comprimibili è pari a 1,3.

α_1 = Legato alle condizioni di acclività del versante, nel caso in esame è pari a 1,0.

α_2 = Esprime la capacità del terreno ad assorbire le onde di taglio, pari a 1,0.

β = Coefficiente di struttura.

γ_i = Coefficiente di distribuzione.

I = Coefficiente di protezione sismica : nel caso di edifici di primaria importanza per la protezione civile quale l'ospedale, si assume il valore di 1,4.

Per quanto è stato scritto, nel nostro caso il coefficiente di fondazione C_f è pari a 1,3.

Pertanto il coefficiente di progetto K_s a meno dei fattori R , β , γ_i risulterà 0.13.

D'altro canto il D.M. del Ministero dei Lavori Pubblici del 16/1/96 contenente le norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche, impone un coefficiente di fondazione C_f (c) pari ad 1,3 in presenza di terreni sciolti con spessori ≥ 5 m soprastanti litotipi più consistenti.

Per quanto riguarda la pericolosità sismica, tramite la distribuzione della accelerazione massima e delle pseudoaccelerazioni calcolate, mediante il metodo di Boore (1983) modificato da Langer (1986), per un terremoto di Magnitudo $M=7$ con ipocentro profondo 156 Km e ubicato a SSE della città, l'area in esame rientra nella zona contrassegnata da scuotimenti forti.

Infine, è bene ricordare che secondo la nuova normativa sismica (Ordinanza 20/3/2003 n°3274) non ancora in vigore, il Comune di Catania ricadrà ancora tra le località sismiche di seconda categoria ma con accelerazione orizzontale massima di 0.25 g valore che sarà ulteriormente corretto dai vari fattori legati alla risposta sismica locale.

3.0 - INDAGINI ESEGUITE

È stata effettuata un'essenziale campagna di indagini, sia di tipo diretto (sondaggi meccanici per la stratigrafia, pozzetti esplorativi per il rilievo delle strutture di fondazione) che di tipo indiretto, con metodologie geofisiche comprendenti metodi sismici ed elettromagnetici (Down-Hole e Radar-SPR) sia per i terreni che per le strutture di fondazione.

Queste indagini hanno fornito dati sullo stato di consistenza delle strutture in termini qualitativi e quantitativi tali da consentire il raggiungimento degli obiettivi di miglioramento, con particolare riferimento all'esatta definizione della stratigrafia e della caratterizzazione sismica locale.

Le indagini geognostiche hanno avuto il fine di verificare la situazione litologica riscontrata durante il rilievo di superficie, individuare la stratigrafia dei terreni di fondazione, caratterizzare i litotipi dal punto di vista fisico, individuare la presenza nel sottosuolo di falda superficiale, valutare le infiltrazioni delle acque reflue e piovane, e puntualmente verificare in dettaglio le dimensioni e le quote di imposta delle strutture di fondazione dell'edificio.

Le indagini hanno compreso:

- n.° 10 Sondaggi geognostici (sette verticali e tre inclinati),
- n.° 3 Sondaggi sismici di tipo Down Hole, in perfori di sondaggio opportunamente attrezzati,
- n.° 1638.87 metri lineari di prospezioni radar ad impulsi di tipo SPR,
- n.° 3 pozzetti esplorativi,
- Prove di laboratorio (analisi granulometriche, resistenza al taglio in condizioni drenate, determinazione del peso di volume e resistenza a compressione).

3.1 - Sondaggi geognostici

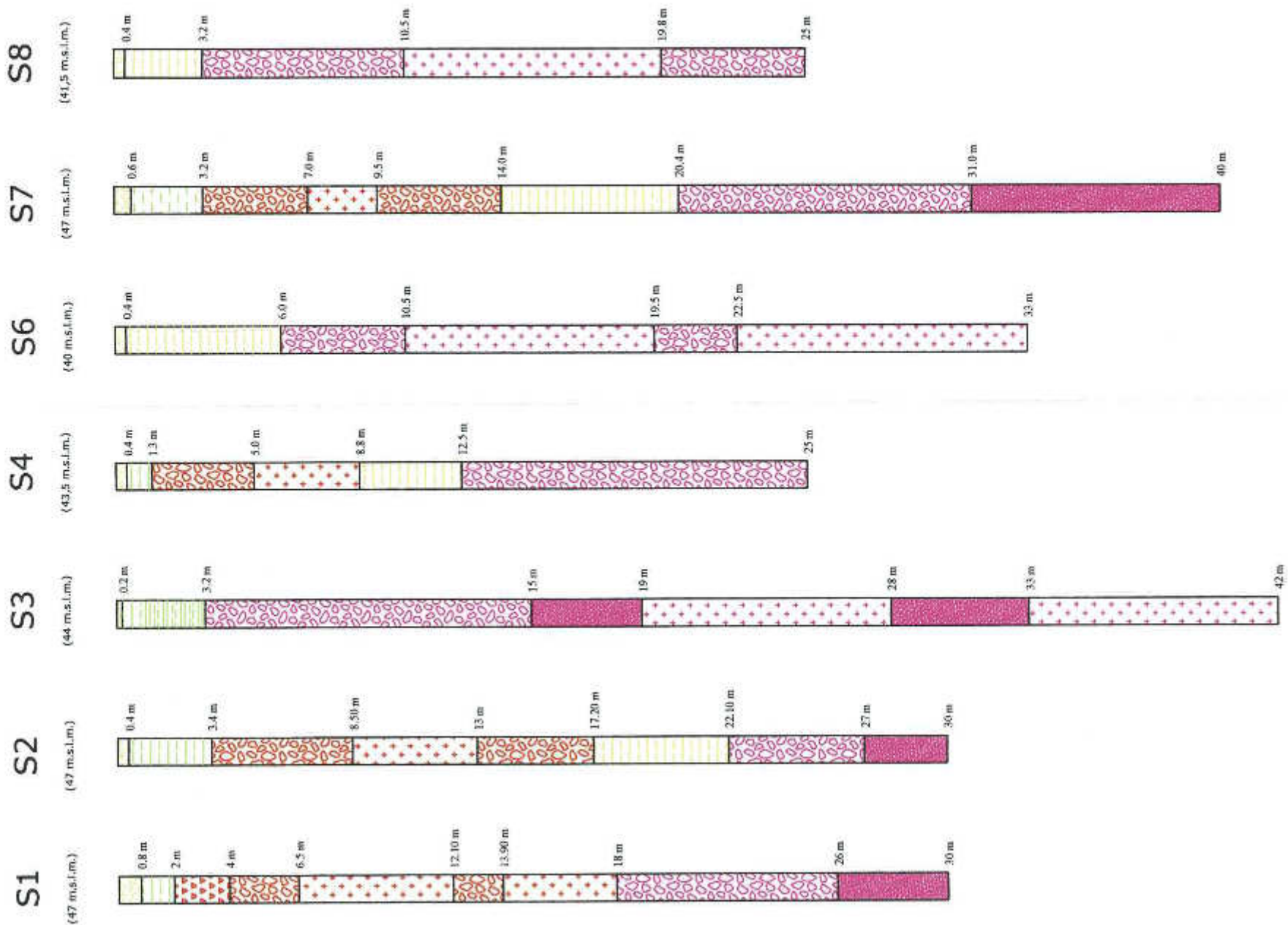
Esternamente al Padiglione San Marco, allo scopo di ricostruire la locale successione stratigrafica di dettaglio, osservabile nei profili geologici allegati, sono stati eseguiti 10 sondaggi geognostici (sette verticali e tre inclinati con inclinazione di 10°) con carotieri di $\Phi = 101-80$ mm, spinti a profondità variabili dai 10 ai 40 metri circa dal p.c.

I sondaggi hanno evidenziato stratigrafie diverse da punto a punto ma che sostanzialmente individuano quattro livelli stratigrafici fondamentali:

SCALA 1:1,000



COLONNE LITOSTRATIGRAFICHE SCHEMATICHE SCALA 1:200

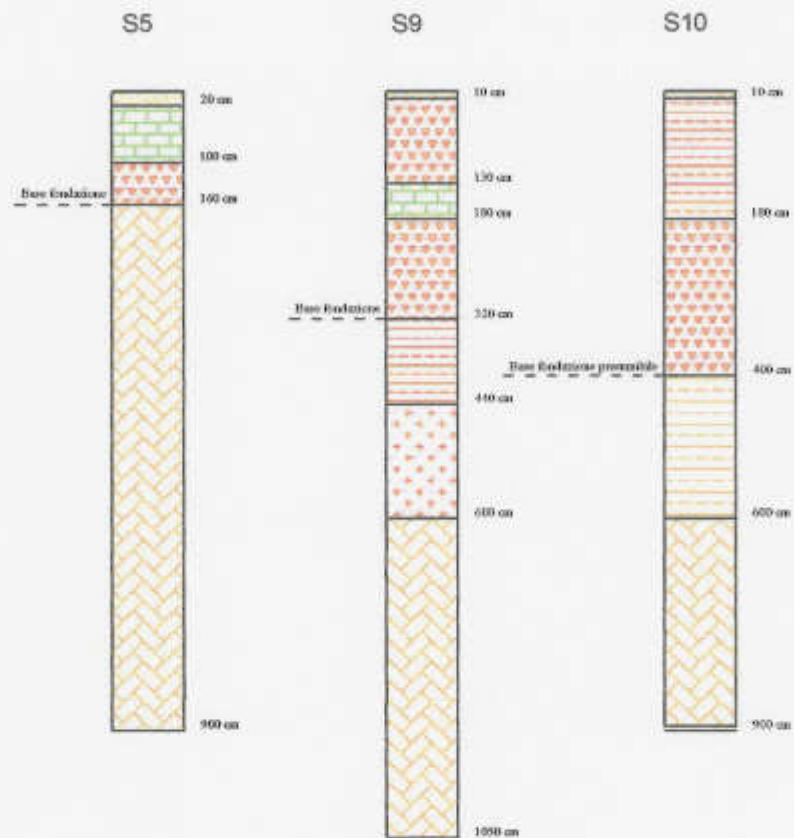


- Strutture di pavimentazione stradale: "basole", mattonelle bituminose, asfalto, calcestruzzo.
- Materiale di riporto recente molto eterogeneo: limi e terre sedimentarie, pietrame lavico, frammenti lateritici.
- Roccia lavica scoriacea e autobrecciata, facilmente disgregabile.
- Roccia lavica vescicolata, localmente bollosa e vacuolare, di colore grigio scuro, con possibili cavità dm che, da intensamente a mediamente fratturata (RQD 30, 80 %).
- Roccia lavica massiva e compatta, localmente vescicolata, di colore grigio medio, con struttura porfirica a prevalenti pirosseni, da mediamente a poco fratturata (RQD > 70 %).
- Paleodetrito antropico, molto assortito, comprendente: terre sedimentarie da torboso-limose a ciottolose, paleosuoli rossastri e vulcanoclastiti sabbiose nerastre con frammenti lavici; ingloba riporti e residui antropici (murature, laterizi e "cocci") e organici. Generalmente di scarsa consistenza.
- Brecce autodastiche di colore rosato o grigio metallico, costituite da frammenti lavici vescicolati o scoriacei cm.ci, in matrice vulcanoclastica a granulometria sabbiosa; a queste talvolta si intercalano (a) partimenti di piroclastiti sabbiose nerastre (a).
- Roccia lavica massiva e compatta di colore cangiante da grigio biancastro a grigio nero, a struttura porfirica con evidenti fenocristalli di plagioclasi, mediamente fratturata con RQD 70, 90 %.

Complesso vulcanico superiore (Lave del 1669)

Complesso vulcanico inferiore (Lave e brecce del "F. III Pl")

COLONNE LITOSTRATIGRAFICHE SCHEMATICHE
SONDAGGI INCLINATI
SCALA 1:100



Fossiliferous sandstone (fine and coarse)



Marl or porous coral skeletal limestone with thin layers of calcareous mud and fossiliferous limestone ('Chian')



Degraded, friable or totally decomposed elements of limestone and calcareous mud and fossiliferous limestone ('Chian')



Fine-grained, friable mudstone with small inclusions of fossiliferous limestone, of some consistency



Volcaniclastic material in porous sandstone with inclusions of fossiliferous limestone



Coarse-grained (pebbles)



Fossiliferous sandstone of calcareous mud and fossiliferous limestone

- una copertura di materiale di riporto recente avente spessore variabile da 1,30 a 4,00 m, che comprende anche le strutture di pavimentazione stradale ed i sottofondi e terrapieni dei corpi di fabbrica ; tale materiale ricopre con continuità l'intera area ;
- un primo substrato vulcanico , più esattamente un corpo di colata lavica appartenente al complesso effusivo superiore denominato "Lave del 1669" di notevole spessore, caratterizzato nella parte sommitale da lave scoriacee e bollose mediamente fessurate che evolvono verso lave massive debolmente fratturate a struttura porfirica con fenocristalli di pirosseni;
- un paleodetrito antropico, molto assortito, costituito da terre sedimentarie da torbosolimeose a ciottolose, paleosuoli rossastri e vulcanoclastiti sabbiose nerastre con frammenti lavici; ingloba riporti e residui antropici (murature, laterizi, e "cocci ") e organici. Il paleodetrito con spessori di 5 – 7 m. verso sud-est poggia su un secondo substrato vulcanico e stratigraficamente si intercala tra i due complessi vulcanici, verso ovest si estingue;
- un secondo substrato vulcanico appartenente al complesso eruttivo inferiore denominato "Lave dei Fratelli Pii" del 693 a.C., caratterizzato nella parte sommitale da breccie autoclastiche di colore grigio-rosato a grana medio fine e da lave basaltiche poco bollose che evolvono verso lave massive e compatte grigio-scuere poco fessurate con abbondanti fenocristalli di plagioclasti

La stratigrafia di dettaglio dei dieci sondaggi è la seguente:

S1

0.00 - 0.80	Strutture di pavimentazione stradale: "basole", mattonelle bituminose, asfalto, calcestruzzo
0.80 - 2.00	Materiale di riporto recente molto eterogeneo: limi e terre sedimentarie, pietrame lavico, frammenti lateritici
2.00 - 4.00	Roccia lavica scoriacea e autobrecciato, facilmente disagiabile
4.00 - 6.50	Roccia lavica vescicolata e bollosa, di colore grigio scuro, mediamente fratturata
6.50 - 12.10	Roccia lavica massiva e compatta di colore grigio scuro, con struttura porfirica a prevalenti fenocristalli di pirosseno
12.10-13.90	Roccia lavica vescicolata e bollosa, di colore grigio scuro, mediamente fratturata
13.90-18.00	Roccia lavica massiva e compatta di colore grigio scuro, con struttura porfirica a prevalenti fenocristalli di pirosseno
18.00-26.00	Breccie autoclastiche di colore rosato o grigio metallico, costituite da frammenti

lavici scoriacei cm.ci in matrice vulcanoclastica a granulometria sabbiosa

26.00-30.00 Breccie autoclastiche con intercalazioni di piroclastici sabbiose

S2

0.00 - 0.40 Strutture di pavimentazione stradale: "basole", mattonelle bituminose, asfalto, calcestruzzo

0.40 - 3.40 Materiale di riporto recente molto eterogeneo: limi e terre sedimentarie, pietrame lavico, frammenti lateritici

3.40 - 8.50 Roccia lavica vescicolata e bollosa, di colore grigio scuro, mediamente fratturata

8.50 - 13.00 Roccia lavica massiva e compatta di colore grigio scuro, con struttura porfirica a prevalenti fenocristalli di pirosseno

13.00-17.20 Roccia lavica vescicolata e bollosa, di colore grigio scuro

17.20-22.10 Paleodetrito antropico, molto assortito, comprendente: terre sedimentarie da torboso-limose a ciottolose, paleosuoli rossastri e vulcanoclastiti sabbiose nerastre con frammenti lavici; inglobati riporti e residui antropici (murature, laterizi e "cocci") e organici. Generalmente di scarsa consistenza

22.10-27.00 Breccie autoclastiche di colore rosato o grigio metallico, costituite da frammenti lavici scoriacei cm.ci in matrice vulcanoclastica a granulometria sabbiosa

27.00-30.00 Breccie autoclastiche con intercalazioni di piroclastici sabbiose

S3

0.00 - 0.20 Strutture di pavimentazione stradale: "basole", mattonelle bituminose, asfalto, calcestruzzo

0.20 - 1.00 Materiale di riporto recente molto eterogeneo: limi e terre sedimentarie, pietrame lavico, frammenti lateritici

1.00 - 3.20 Paleodetrito antropico, molto assortito, comprendente: terre sedimentarie da torboso-limose a ciottolose, paleosuoli rossastri e vulcanoclastiti sabbiose nerastre con frammenti lavici; inglobati riporti e residui antropici (murature, laterizi e "cocci") e organici. Generalmente di scarsa consistenza

3.20 - 15.00 Breccie autoclastiche di colore rosato o grigio metallico, costituite da frammenti lavici scoriacei cm.ci in matrice vulcanoclastica a granulometria sabbiosa

15.00-19.00 Breccie autoclastiche con intercalazioni di piroclastici sabbiose

19.00-28.00 Roccia lavica massiva e compatta, di colore cangiante da grigio biancastro a grigio nero, a struttura porfirica con evidenti fenocristalli di plagioclasti

- 28.00-32.00 Breccie autoclastiche con intercalazioni di piroclastici sabbiose
- 32.00-42.00 Roccia lavica massiva e compatta, di colore cangiante da grigio biancastro a grigio nero, a struttura porfirica con evidenti fenocristalli di plagioclasti

S4

- 0.00 - 0.40 Strutture di pavimentazione stradale: "basole", mattonelle bituminose, asfalto, calcestruzzo
- 0.40 - 1.30 Materiale di riporto recente molto eterogeneo: limi e terre sedimentarie, pietrame lavico, frammenti lateritici
- 1.30 - 5.00 Roccia lavica vescicolata e bollosa, di colore grigio scuro, mediamente fratturata
- 5.00 - 8.80 Roccia lavica massiva e compatta di colore grigio scuro, con struttura porfirica a prevalenti pirosseno
- 8.80 - 12.50 Paleodetrito antropico, molto assortito, comprendente: terre sedimentarie da torboso-limose a ciottolose, paleosuoli rossastri e vulcanoclastiti sabbiose nerastre con frammenti lavici; inglobati riporti e residui antropici (murature, laterizi e "cocci") e organici. Generalmente di scarsa consistenza
- 12.50-25.00 Breccie autoclastiche di colore rosato o grigio metallico, costituite da frammenti lavici scoriacei cm.ci in matrice vulcanoclastica a granulometria sabbiosa

S5

- 0.00 - 0.20 Pavimentazione stradale (asfalto e calcestruzzo)
- 0.20 - 1.00 Muratura a prevalenti conci squadrate lapidei di lava con spessore di 15-20 cm e legante di calce mista a inerte rossastro ("Ghiara")
- 1.00 - 1.60 Muratura degradata, friabile o totalmente disgregata ad elementi lapidei informi e tracce di alce e inerti rossastro ("Ghiara")
- 1.60 - 9.00 Breccie autoclastiche di colore grigio-rosato ad elementi lavici scoriacei cm.ci in matrice vulcanoclastica a granulometria sabbiosa

S6

- 0.00 - 0.40 Strutture di pavimentazione stradale: "basole", mattonelle bituminose, asfalto, calcestruzzo
- 0.40 - 2.60 Paleodetrito antropico, molto assortito, comprendente: terre sedimentarie da torboso-limose a ciottolose, paleosuoli rossastri e vulcanoclastiti sabbiose nerastre con frammenti lavici; inglobati riporti e residui antropici (murature,

	laterizi e “cocci”) e organici. Generalmente di scarsa consistenza
2.60 - 3.20	Vuoto
3.20 - 6.00	Paleodetrito antropico, molto assortito, comprendente: terre sedimentarie da torboso-limose a ciottolose, paleosuoli rossastri e vulcanoclastiti sabbiose nerastre con frammenti lavici; inglobati riporti e residui antropici (murature, laterizi e “cocci”) e organici. Generalmente di scarsa consistenza
6.00 -10.50	Brecce autoclastiche di colore rosato o grigio metallico, costituite da frammenti lavici scoriacei cm.ci in matrice vulcanoclastica a granulometria sabbiosa
10.50-19.50	Roccia lavica massiva e compatta, di colore cangiante da grigio biancastro a grigio nero, a struttura porfirica con evidenti fenocristalli di plagioclasti
19.50-22.50	Brecce autoclastiche di colore rosato, costituite da frammenti lavici scoriacei cm.ci in matrice vulcanoclastica a granulometria sabbiosa
22.50-33.00	Roccia lavica massiva e compatta, di colore cangiante da grigio biancastro a grigio nero, a struttura porfirica con evidenti fenocristalli di plagioclasti

S7

0.00 - 0.60	Strutture di pavimentazione stradale: “basole”, mattonelle bituminose, asfalto, calcestruzzo
0.60 - 3.20	Materiale di riporto recente molto eterogeneo: limi e terre sedimentarie, pietrame lavico, frammenti lateritici
3.20 – 7.00	Roccia lavica vescicolata, localmente bollosa, e vacuolare di colore grigio scuro, da intensamente a mediamente fratturata
7.00 – 9.50	Roccia lavica massiva e compatta, localmente vescicolata, di colore grigio scuro, con struttura porfirica a prevalenti fenocristalli di pirosseno
9.50 - 14.00	Roccia lavica vescicolata, localmente bollosa e vacuolare di colore grigio scuro, da intensamente a mediamente fratturata
14.00-20.40	Paleodetrito antropico, molto assortito, comprendente: terre sedimentarie da torboso-limose a ciottolose, paleosuoli rossastri e vulcanoclastiti sabbiose nerastre con frammenti lavici; inglobati riporti e residui antropici (murature, laterizi e “cocci”) e organici. Generalmente di scarsa consistenza
20.40-31.00	Brecce autoclastiche di colore rosato o grigio metallico, costituite da frammenti lavici vescicolari o scoriacei cm.ci in matrice vulcanoclastica a granulometria sabbiosa
31.00-40.00	Brecce autoclastiche con intercalazioni di piroclastici sabbiose

S8

- | | |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0.00 - 0.40 | Strutture di pavimentazione stradale: "basole", mattonelle bituminose, asfalto, calcestruzzo |
| 0.40 - 3.20 | Materiale di riporto recente molto eterogeneo: limi e terre sedimentarie, pietrame lavico, frammenti lateritici |
| 3.20 -10.50 | Brecce autoclastiche di colore rosato o grigio metallico, costituite da frammenti lavici vescicolari o scoriacci cm.ci in matrice vulcanoclastica a granulometria sabbiosa |
| 10.50-19.80 | Roccia lavica massiva e compatta, di colore cangiante da grigio biancastro a grigio nero, a struttura porfirica con evidenti fenocristalli di plagioclasti |
| 19.80-25.00 | Brecce autoclastiche di colore rosato o grigio metallico, costituiti da frammenti lavici vescicolari o scoriacci cm.ci in matrice vulcanoclastica a granulometria sabbiosa |

S9

- | | |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0.00 - 0.10 | Pavimentazione stradale (asfalto e calcestruzzo) |
| 0.10 - 1.30 | Muratura degradata, friabile o totalmente disgregata ad elementi lapidei informi e tracce di calce e inerte rossastro ("Ghiara") |
| 1.30 - 1.80 | Muratura a prevalenti conci squadrati lapidei di lava con spessore di 15-20 cm e legante di calce mista a inerte rossastro ("Ghiara") |
| 1.80 - 3.20 | Muratura degradata, friabile o totalmente disgregata ad elementi lapidei informi e tracce di calce e inerte rossastro ("Ghiara") |
| 3.20 - 4.40 | Riporto limo-argilloso bruno con minute inclusioni litiche e lateritiche, di scarsa consistenza |
| 4.40- 6.00 | Riporto vulcanoclastico nerastro in prevalenza sabbioso con inclusioni lateritiche |
| 6.00-10.50 | Brecce autoclastiche di colore grigio-rosato ad elementi lavici scoriacci |

S10

- | | |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0.00 - 0.10 | Pavimentazione stradale (asfalto e calcestruzzo) |
| 0.10 - 1.80 | Riporto limo-argilloso bruno con minute inclusioni litiche e lateritiche, di scarsa consistenza |
| 1.80 - 4.00 | Muratura degradata, friabile o totalmente disgregata ad elementi lapidei informi |

	e tracce di calce e inerte rossastro ("Ghiara")
4.00 - 6.00	Riporto grossolano (pietrame)
6.00 - 9.00	Brecce autoclastiche di colore grigio-rosato ad elementi lavici scoriacei

E' stato calcolato l'RQD (rock quality designation) delle parti massive delle lave perforate sia compatte che bollose; per queste ultime sono stati riscontrati valori compresi tra il 60 ed l'80 %, mentre per le lave "compatte" l'intervallo dei valori oscilla tra il 70 e il 90 %, valori in accordo con le aspettative teoriche e comunque decisamente buoni limitatamente ai tratti litoidi. La presenza, specie nel complesso vulcanico inferiore, di ampi settori vulcanoclastici e granulari riduce tuttavia la complessiva consistenza e resistenza delle vulcaniti.

Da un attento esame dei risultati delle indagini geognostiche eseguite, è stato possibile ricostruire 4 sezioni litostratigrafiche, allegate in calce che sostanzialmente evidenziano:

a nord dell' edificio in questione (sondaggi S₁, S₂, S₄ e S₇), si rileva una copertura data da materiale di riporto recente, specie verso est, con pietrame e frammenti edilizi che sovrasta, un corpo lavico appartenente alle "Lave del 1669", potente mediamente 15 m, in cui si distingue una parte superficiale bollosa che evolve verso lave compatte, al di sotto del quale si ritrova un paleodetrito antropico limoso-sabbioso di colore bruno con noduli torbosi e piroclastiti sabbiose nere, avente uno spessore di 4-6 metri; sottostante ad esso si ritrova un complesso lavico denominato "Lave dei fratelli Pii" avente uno spessore di oltre 25 m., comprendente un potente livello di brecce autoclastiche grigio-rosate e un basamento di lave massive.

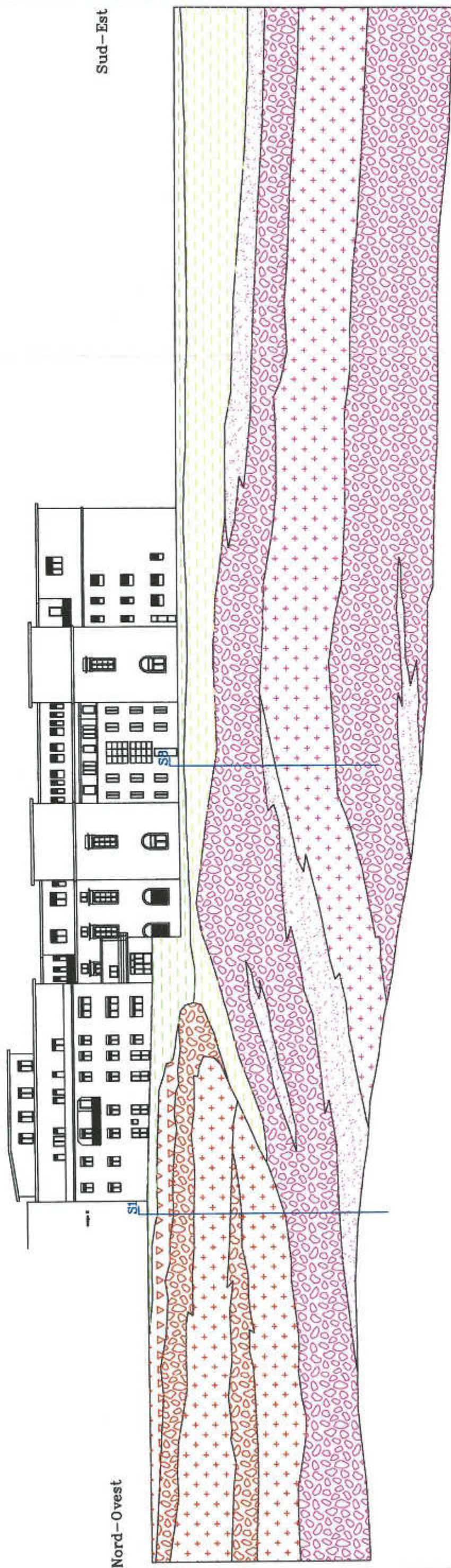
Nella sezione litostratigrafica A-A', ortogonale alla sezione precedente, che attraversa l'ospedale nella parte centrale da nord a sud, si osserva una situazione litostratigrafica diversa da quella della precedente sezione, che, insieme alla parallela sezione B-B', chiarisce la generale situazione del sottosuolo dell'ospedale. Nella parte ovest in cui è ubicato il sondaggio S₁ si ritrova, al disotto della parte di riporto il corpo lavico appartenente alle Lave del 1669 con spessore elevato di circa 17 m, direttamente a contatto con il complesso vulcanico inferiore delle vulcaniti dei F.lli Pii. In questo sondaggio si rileva la litostratigrafia completa delle lave del 1669 caratterizzata da un sottile livello di roccia lavica scoriacea autobrecciata facilmente disgregabile seguita, da un'alternanza di lave bollose di colore grigio- scuro e da lave compatte con fenocristalli di pirosseni. A sud, il sondaggio S₈, mostra un notevole spessore di paleodetrito antropico al di sotto del quale si ritrovano le brecce autoclastiche appartenenti alle vulcaniti dei Fratelli Pii; tale paleodetrito stratigraficamente si intercala tra i due complessi vulcanici ma in tale sezione risulta di spessore esiguo tendente ad estinguersi, contrariamente a quanto visibile nella sezione B-B' dove invece mostra continuità.

SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA SCHEMATICA

P.O. VITTORIO EMANUELE

PADIGLIONE S.MARCO - SEZIONE A-A'

SCALA 1:500



Materiale di riporto recente molto eterogeneo: limi e terre sedimentarie, pietrame lavico, frammenti lateritici comprendente anche strutture di pavimentazione stradale: "basole", mattonelle bituminose, asfalto, calcestruzzo

Roccia lavica scoriacea e autobrecciata, facilmente disagiabile.

Roccia lavica vescicolata, localmente bollosa e vacuolare, di colore grigio scuro, con possibili cavità dm che, da intensamente a mediamente fratturata (RQD 30-80%).

Roccia lavica massiva e compatta, localmente vescicolata, di colore grigio medio, con struttura porfirica a prevalenti pirosseni, da mediamente a poco fratturata (RQD > 70%).

Paleodetritico antropico, molto assortito, comprendente: terre sedimentarie da torboso-limose a ciottolose, paleosuoli rossastri e vulcanoclastiti sabbiose nerastre con frammenti lavici, ingloba riporti e residui antropici (murature, laterizi e "ovacci") e organici. Generalmente di scarsa consistenza.

Brecce autoclastiche di colore rosato o grigio metallico, costituite da frammenti lavici vescicolati o scoriacei cm-ci, in matrice vulcanoclastica a granulometria sabbiosa, a queste talvolta si intercalano partimenti di piroclastiti sabbiose nerastre (a).

Roccia lavica massiva e compatta di colore cangiante da grigio biancastro a grigio nero, a struttura porfirica con evidenti fenocristalli di plagioclasti, mediamente fratturata con RQD 70-90%.

Complesso vulcanico superiore (Lave del 1669)

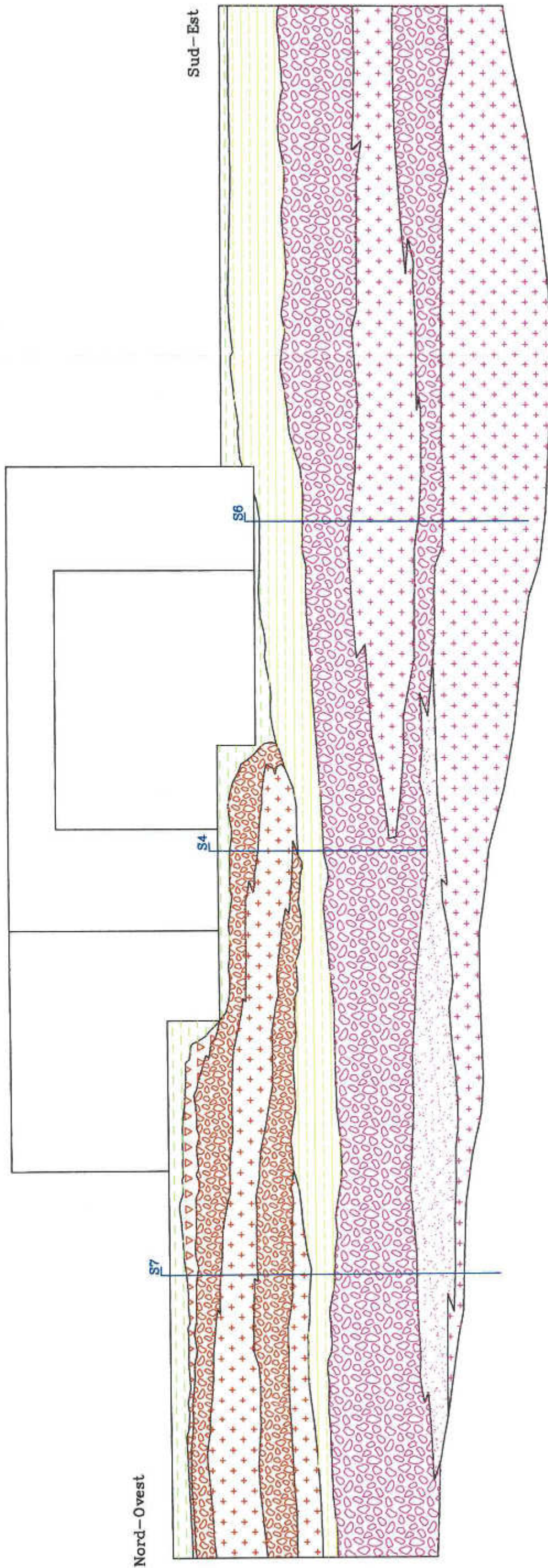
Complesso vulcanico inferiore (Lave e brecce del "F. 18 F")

SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA SCHEMATICA

P.O. VITTORIO EMANUELE

PADIGLIONE S.MARCO - SEZIONE B_B'

SCALA 1:500



Materiale di riporto recente molto eterogeneo: limi e terre sedimentarie, pietrame lavico, frammenti lateritici comprendente anche strutture di pavimentazione stradale: "basole", mattonelle bituminose, asfalto, calcestruzzo.

Roccia lavica scoriacea e autobrecciata, facilmente disaggregabile.

Roccia lavica vescicolata, localmente bollosa e vacuolare, di colore grigio scuro, con possibili cavità dm che, da intensamente a mediamente fratturata (RQD 30-80%).

Roccia lavica massiva e compatta, localmente vescicolata, di colore grigio medio, con struttura porfirica a prevalenti pirosseni, da mediamente a poco fratturata (RQD > 70%).

Paleodetritio antropico, molto assortito, comprendente: terre sedimentarie da torboso-limose a ciottolose, palcosuoli rossastri e vulcanoclastiti sabbiose nerastre con frammenti lavici; ingloba riporti e residui antropici (muraure, laterizi e "coccia") e organici. Generalmente di scarsa consistenza.

Breccie autoclastiche di colore rosato o grigio metallico, costituite da frammenti lavici vescicolati o scoriacei cm oi, in matrice vulcanoclastica a granulometria sabbiosa; a queste talvolta si intercalano partimenti di piroclastiti sabbiose nerastre (a).

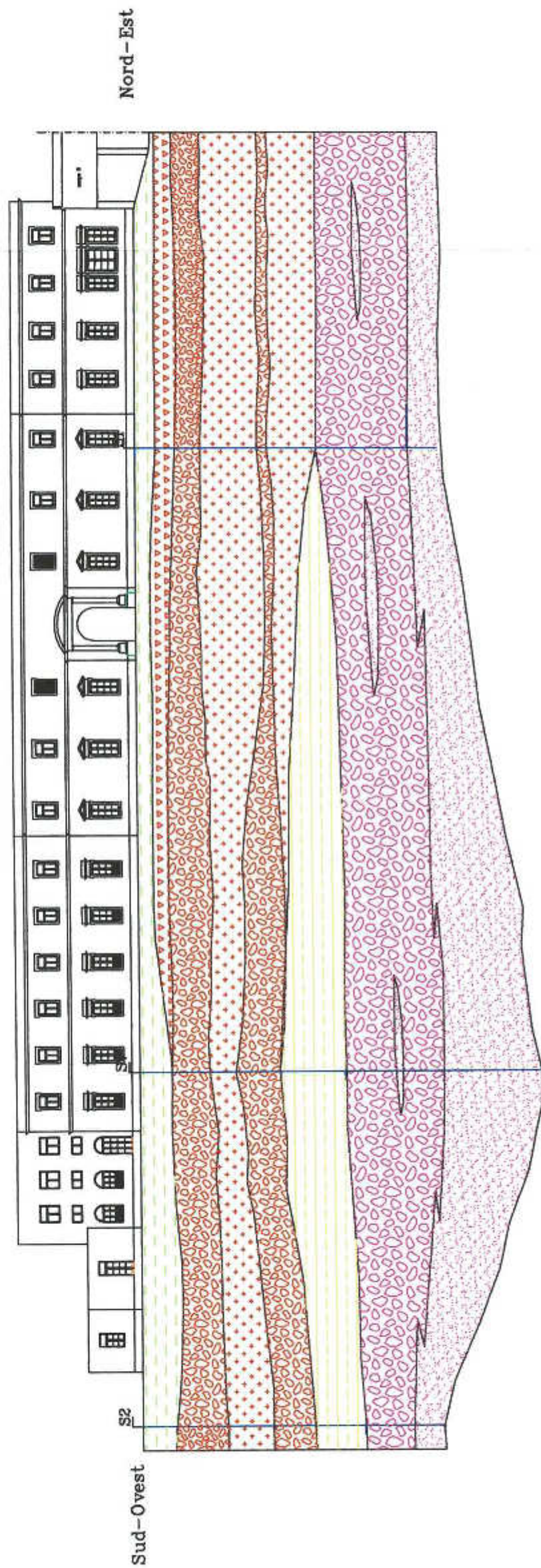
Roccia lavica massiva e compatta di colore cangiante da grigio biancastro a grigio nero, a struttura porfirica con evidenti fenocristalli di plagioclasti, mediamente fratturata con RQD 70-90%.

SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA SCHEMATICA

P.O. VITTORIO EMANUELE

PADIGLIONE S.MARCO - SEZIONE D'_D

SCALA 1:500



Materiale di riporto recente molto eterogeneo: limi e terre sedimentarie, pietrame lavico, frammenti lateritici comprendenti anche strutture di pavimentazione stradale: "busole", mattonelle bituminose, asfalto, calcestruzzo.

Roccia lavica scoriacea e autobrecciata, facilmente disagiabile.

Roccia lavica vescicolata, localmente bollosa e vacuolare, di colore grigio scuro, con possibili cavità dm che, da intensamente a mediamente fratturata (RQD 30-80%).

Roccia lavica massiva e compatta, localmente vescicolata, di colore grigio medio, con struttura porfirica e prevalenti porosissimi, da mediamente a poco fratturata (RQD > 70%).

Paleodetritico antropico, molto assortito, comprendente: terre sedimentarie da torboso-limose a ciottolose, pelcosuoli rossastri e vulcanoclastiti sabbiose nerastre con frammenti lavici; ingloba riporti e residui antropici (mattoni, laterizi e "coccia") e organici. Generalmente di scarsa consistenza.

Brecce autolastiche di colore rosato o grigio metallico, costituite da frammenti lavici vescicolati o scoriacei cm di, in matrice vulcanoclastica a granulometria sabbiosa; a queste talvolta si intercalano partimenti di piroclastiti sabbiose nerastre (a).

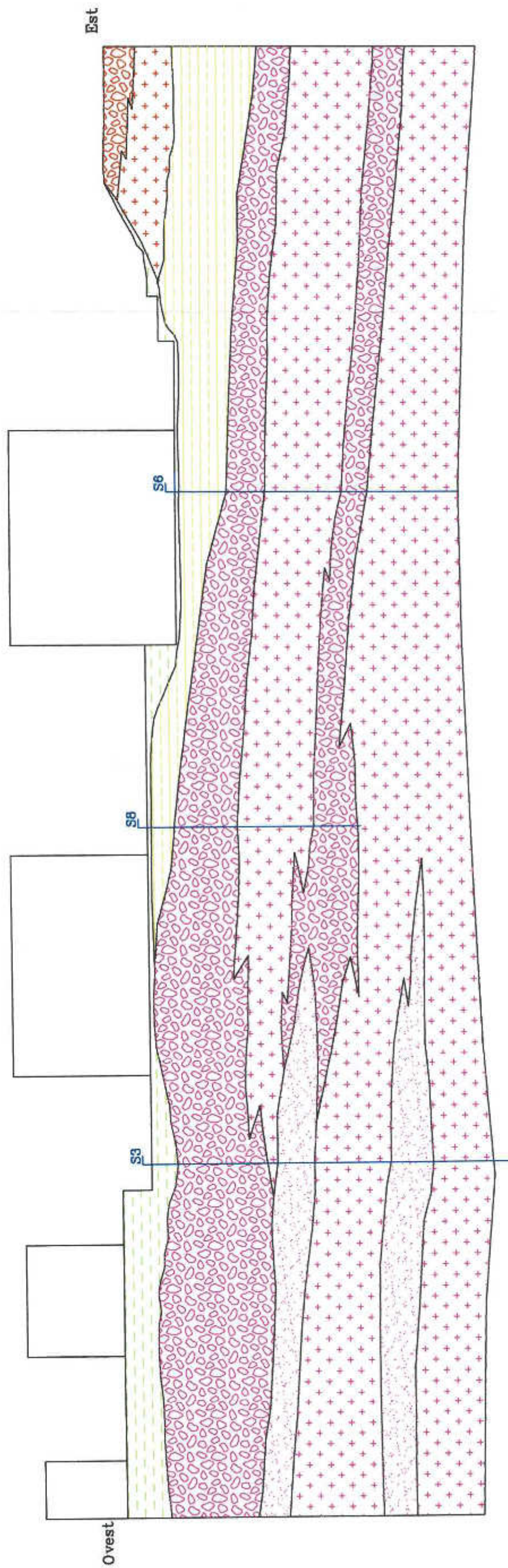
Roccia lavica massiva e compatta di colore cangiante da grigio biancastro a grigio nero, a struttura porfirica con evidenti fenocristalli di plagioclasti, mediamente fratturata con RQD 70-90%.

SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA SCHEMATICA

P.O. VITTORIO EMANUELE

PADIGLIONE S.MARCO - SEZIONE C-C'

SCALA 1:500



Materiale di riporto recente molto eterogeneo: limi e terre sedimentarie, pietrame lavico, frammenti lateritici comprendente anche strutture di pavimentazione stradale: "busole", mattonelle bituminose, asfalto, calcestruzzo.

Roccia lavica scoriacea e autobresciuta, facilmente disagiabile.

Roccia lavica vescicolata, localmente bolla e vacuolare, di colore grigio scuro, con possibili cavità dm che, da intensamente a mediamente fratturata (RQD 30-80%).

Roccia lavica massiva e compatta, localmente vescicolata, di colore grigio medio, con struttura porfirica a prevalenti piroclastici, da mediamente a poco fratturata (RQD > 70%).

Paleodetritico antropico, molto assortito, comprendente: terre sedimentarie da torboso-limose a ciottolose, paleosoli rossastri e vulcanoclastici sabbiose nerastre con frammenti lavici; ingloba riporti e residui antropici (muraure, laterizi e "coccia") e organici. Generalmente di scarsa consistenza.

Breccie autoclastiche di colore rosato o grigio metallico, costituite da frammenti lavici vescicolati o scoriacei cm e, in matrice vulcanoclastica a granulometria sabbiosa; a queste talvolta si intercalano partimenti di piroclastiti sabbiose nerastre (s).

Roccia lavica massiva e compatta di colore cangiante da grigio biancastro a grigio nero, a struttura porfirica con evidenti fenocristalli di plagioclassi, mediamente fratturata con RQD 70-90%.

Nella sezione litostratigrafica B-B', si osserva che lo spessore del materiale di riporto è pressoché costante ed esiguo, e verso sud tale materiale risulta indistinto dal sottostante paleodetrito. Al di sotto di esso, nei sondaggi S₇ e S₄ si osserva uno spessore notevole di lave del 1669 fino a raggiungere gli 8 m, ma inferiore a quello riscontrato nella sezione A-A', a dimostrazione che verso est e verso sud ci si avvicina al margine della colata. Il paleodetrito riscontrato nell'S₆ con spessore di circa 6 m si intercala con continuità tra le vulcaniti dei F.lli Pii e la colata del 1669. Le caratteristiche clinometriche degli ultimi due profili A-A' e B-B' evidenziano che con molta probabilità l'avanzamento della colata del 1669 è stato condizionato da una preesistente contropendenza corrispondente ad un alto morfologico dovuto ad un ispessimento delle vulcaniti dei F.lli Pii, a loro volta sovrastate da depositi di residui antropici riconducibili alla città romana e medievale.

Infine nella sezione C-C', che attraversa trasversalmente il complesso ospedaliero si nota che il materiale di riporto recente ha spessore elevato soprattutto nella parte ovest, le vulcaniti del complesso inferiore si portano, sempre nella parte ovest, in posizione corticale, e la parte est dal cortile interno verso l'S₆ è caratterizzata dalla presenza di forte spessore di paleodetrito antropico al di sopra delle vulcaniti dei F.lli Pii, a loro volta caratterizzate da prevalenti facies autoclastiche.

In definitiva dalle analisi stratigrafiche effettuate si evince che, a prescindere dalla presenza di riporti recenti la parte nord del padiglione San Marco poggia direttamente sulle lave del 1669 mentre la parte sud orientale e soprattutto l'intorno dello spigolo sud-est poggiano su elevati spessori di paleodetrito; l'ala ovest dell'edificio presenta caratteristiche intermedie alle precedenti. Tale situazione potrà comportare risposte sismiche differenziate in relazione alla rigidità del suolo di appoggio ovvero alla diversa velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio.

3.2- Sondaggi sismici tipo "Down Hole"

I sondaggi sismici si basano sulla proprietà dei terreni di reagire elasticamente alle sollecitazioni ondulatorie provocate da esplosioni o impatti su di essi; questi stessi terreni diventano sede di propagazione di onde elastiche che si muovono a diversa velocità in funzione dei diversi litotipi attraversati. La tecnica di tipo "Down Hole" ha consentito di conoscere i parametri elasto - dinamici dei terreni investigati e quindi la loro rigidità sismica.

Mediante questa tecnica d'indagine, è stato possibile determinare la velocità di propagazione in senso verticale (media e d'intervallo) delle onde sismiche di compressione (P) e di quelle trasversali o di taglio (S); dal rapporto delle velocità (V_p/V_s) è stato possibile risalire, conoscendo il peso di volume del terreno, ai valori dei principali parametri elastici che caratterizzano i terreni in

oggetto (modulo di taglio G, modulo di Young, coefficiente di Poisson e modulo di incompressibilità K).

La metodologia Down - Hole, come le altre tecniche di sismica in perforo ha, rispetto alla sismica a rifrazione, il vantaggio di non aver come condizione che la velocità aumenti con la profondità, in quanto si valutano i tempi d'arrivo delle onde elastiche via via che esse penetrano negli strati più profondi senza subire fenomeni di rifrazione; quindi è sempre possibile valutare eventuali inversioni di velocità nell'ambito del pacco di litotipi incontrati nella perforazione.

Il sistema di energizzazione è stato di tipo non distruttivo, mediante massa battente da 12 kg, secondo un offset stabilito in funzione della profondità del foro. In particolare, la sorgente di energia è stata dimensionata in funzione della natura della profondità e delle caratteristiche dei terreni interessati, (che sono da considerarsi noti in quanto le misure sono successive alla perforazione dei sondaggi). Il metodo è consistito quindi nella registrazione dei tempi di arrivo delle onde sismiche tra il punto di energizzazione, in prossimità della testa del foro di sondaggio, ed il geofono a tre componenti (una per le onde P e due per le onde S) posizionato, mediante un dispositivo pneumatico, ad intervalli di 2 m lungo tutto lo sviluppo del perforo.

Per il rilievo delle onde trasversali la sorgente di energia ha garantito la produzione di impulsi sismici idonei a generare onde a prevalente componente di taglio; in particolare si sono prodotte due energizzazioni in inversione di fase.

Nell'edificio in esame sono state eseguite tre prospezioni sismiche in foro di tipo Down - Hole, all'interno dei fori di sondaggio S₁, S₂ ed S₆, opportunamente attrezzati con tubazione in pvc di diametro di 80mm cementati e con step di lettura di 2m, doppia energizzazione trasversale in opposizione di polarità fino a 30 m di profondità come è previsto dalla "Nuova Normativa sismica del 20 marzo 2003", attraverso le quali è stato possibile schematizzare le caratteristiche dei litotipi presenti distinguendo tre diversi sismostrati nel Down-Hole n°1 e quattro sismostrati nei Down-Hole n° 2 e n° 3, che sovrapposti alle stratigrafie ricavate dai sondaggi più prossimi sono stati così definiti:

Down-Hole n°.1

- 0.00-4.00 - Sismostrato n°.1 - Riporto + Lava autobrecciata e scoriacea
- 4.00-18.00 - Sismostrato n°.2 - Lava bollosa e compatta
- 18.00-30.00 - Sismostrato n°.3 - Breccia autoclastica

Down-Hole n°.2

- 0.00-4.00 - Sismostrato n°.1 - Riporto
- 4.00-8.00 - Sismostrato n°.2 - Riporto + Lava bollosa
- 8.00-16.00 - Sismostrato n°.3 - Lava compatta e bollosa

- 16.00-30.00 -Sismostrato n°4 - Paleodetrito + Breccia autoclastica

Down-Hole n°3

- 0.00-4.00 - Sismostrato n°1 - Riporto
- 4.00-10.00 - Sismostrato n°2 - Riporto +Lava compatta
- 10.00-20.00 - Sismostrato n°3 - Lava compatta
- 20.00- 30.00 -Sismostrato n°4 - Breccia autoclastica

Dai risultati ottenuti il Down -Hole n°1,mostra uno strato piuttosto rigido tra 4 e 18 m di profondità con valori di V_p compresi fra 475 e 1602 m/s, inferiormente si osserva un inversione di velocità correlabile alle diverse caratteristiche elastiche-dinamiche dei terreni interessati.

Mentre nel Down -Hole n° 2, l'andamento dei valori mostra una certa analogia con il Down -Hole n°1, si osserva infatti una sovrapposizione di uno strato più rigido e veloce all'incirca fra 4 e 16 m di profondità, sovrapposto ad uno strato meno rigido e più lento oltre i 16 m. L' unica differenza sta nel fatto che qui le velocità risultano meno marcate rispetto al Down -Hole n°1.

Infine nel Down -Hole n°3, si riscontra un trend di valori relativamente lineare con la profondità. Intorno alla profondità di 20 m si osserva una debole inversione di velocità , corrispondente con buona probabilità al contatto fra corpi lavici differenti, tuttavia con caratteristiche elasto-meccaniche non molto diverse fra loro. Oltre tale contatto, il rapporto V_p/V_s , tendenzialmente superiore rispetto ai terreni superficiali.

Tabella riassuntiva Down – Hole n° 1

	Prof. (m)	V_p (m/sec)	V_s (m/sec)	V_p/V_s	G (Kg/cm ²)	K (Kg/cm ²)	E (Kg/cm ²)	Coeff. di Poisson
SS1	4.00	475.36	193.00	2.46	7.33E+02	3.39E+03	2.04E+03	0.40
SS2	18.00	1602.60	742.24	2.16	3.87E+03	3.76E+04	3.16E+04	0.36
SS3	30.00	1154.16	473.57	2.43	4.41E+03	2.04E+03	3.89E+04	0.40

Tabella riassuntiva Down – Hole n° 2

	Prof. (m)	V _{pi} (m/sec)	V _{si} (m/sec)	V _p /V _s	G (Kgcm ²)	K (Kg/cm ²)	E (Kg/cm ²)	Coeff. di Poisson
SS1	4.00	390.78	163.13	2.39	5.07E+02	2.33E+03	5.28E+02	0.38
SS2	8.00	995.05	415.07	2.39	3.51E+03	1.55E+04	5.23E+03	0.39
SS3	16.00	1375.28	665.00	2.48	6.60E+03	2.65E+04	2.44E+04	0.34
SS4	30.00	943.19	375.00	20.09	2.82E+03	2.65E+04	6.59E+03	0.40

Tabella riassuntiva Down -Hole n°3

	Prof. (m)	V _p (m/sec)	V _s (m/sec)	V _p /V _s	G (kg/cm ²)	K (kg/cm ²)	E (Kg/cm ²)	Coeff. di Poisson
SS1	4.00	314.06	140.16	2.24	3.63E+02	5.66E+02	4.67E+02	0.37
SS2	10.00	991.63	450.38	2.20	3.99E+03	3.49E+04	3.21E+03	0.36
SS3	20.00	1470.14	683.84	2.15	5.33E+03	3.13E+04	2.55E+04	0.35
SS4	30.00	1229.57	452.17	2.72	4.00E+03	2.43E+04	2.06E+04	0.42

Attraverso le prospezioni sismiche in foro di tipo Down – Hole si è valutata la rigidità sismica o indipendenza sismica (R), che rappresenta il parametro geosismologico maggiormente adottato nella microzonazione sismica di un territorio e cioè

$R = V_s \bullet \gamma$ dove :

V_s = velocità in Km/sec delle onde di taglio, estrapolate dalle prove geofisiche.

γ = Densità dei terreni in T/mc., valutata attraverso le prove di laboratorio

La relazione che lega tale parametro al coefficiente di fondazione, sperimentalmente accettata ed utilizzata (Carrara e Rapolla), è di seguito schematizzata:

INTERVALLO	RIGIDITA' (R)	FATTORE DI INCREMENTO
I	>1,5	1,0
II	1,5 – 0,4	1,1
III	0,4 – 0,1	1,2
IV	<0,1	1,3

Volendo assegnare un valore indicativo dell'impedenza sismica del sito, nelle condizioni attuali, si utilizzano i valori stimati delle Vs per i vari sismostrati nei Down-Hole n°. 1, 2 e 3 e i valori di densità dell'ammasso roccioso, intesa come peso di volume naturale, adottando valori di laboratorio ridotti di un fattore 0,8. Per i primi trenta metri di profondità, si avrà:

Per il Down-Hole n.° 1:

$$R1 = 0.193 \times (1.9 \times 0.8) \times 4 = 1.17 +$$

$$R2 = 0.742 \times (2.0 \times 0.8) \times 14 = 16.62 +$$

$$R3 = 0.473 \times (1.9 \times 0.8) \times 12 = \underline{8.62}$$

$$R = 26.41/30 = 0.88$$

Per il Down-Hole n.° 2:

$$R1 = 0.163 \times (1.8 \times 0.8) \times 4 = 0.94 +$$

$$R2 = 0.415 \times (2.0 \times 0.8) \times 4 = 2.65 +$$

$$R3 = 0.665 \times (2.0 \times 0.8) \times 8 = 8.51 +$$

$$R4 = 0.375 \times (1.9 \times 0.8) \times 14 = \underline{7.98}$$

$$R = 20.08/30 = 0.67$$

Per il Down-Hole n.° 3:

$$R1 = 0.140 \times (1.8 \times 0.8) \times 4 = 0.80 +$$

$$R2 = 0.450 \times (1.9 \times 0.8) \times 6 = 4.10 +$$

$$R3 = 0.683 \times (2.0 \times 0.8) \times 10 = 10.93 +$$

$$R4 = 0.375 \times (1.9 \times 0.8) \times 10 = \underline{5.7}$$

$$R = 21.53/30 = 0.71$$

I valori ottenuti consentono di stabilire che in condizioni di terreno immodificato, e quindi nelle attuali condizioni sismo-stratigrafiche dell'intorno dell'edificio esistente, il valore di rigidità è compreso tra 0.67 e 0.88, per cui il valore del coefficiente di fondazione è soggetto ad un lieve incremento sismico dovuto alla risposta locale e può porsi pari a 1.1.

E' opportuno inoltre in previsione dell'applicazione della nuova normativa accennare alla classificazione sismica del suolo di fondazione, attraverso il calcolo della velocità media di

propagazione delle onde di taglio $V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$; avremo valori di 468 m/sec, 366 m/sec e 389

m/sec rispettivamente nei DH1, DH2 e DH3 corrispondenti ai sondaggi S₁ S₂ ed S₆, che tra le nuove categorie di suolo di fondazione, indicano suoli di tipo B ovvero terreni assimilabili a "depositi di sabbie o ghiaie molto addensati o argille molto consistenti" con valori di V_{S30} compresi tra 360 ed

800 m/s.; gli stessi valori sono molto prossimi al limite inferiore di detta categoria B e vicini a quelli che individuano la categoria C. Si può notare come i valori del DH1 siano più elevati non essendo presenti in tale sito intervalli significativi di riporti o di paleodetrito.

3.3 -Prospezioni radar SPR

Nell' ambito del programma di indagini geognostiche e geofisiche svolte presso l'Ospedale Vittorio Emanuele, Padiglione S.Marco, è stata effettuata un'indagine radar di introspezione e integrazione del dato geognostico scaturito dai sondaggi. Queste indagini basate su metodi elettromagnetici sono state eseguite all'interno ed all'esterno dell'edificio e fra le diverse ali, esse vengono utilizzate in modo ottimale alla ricerca di sottosuperfici, quali pavimentazioni, terreni naturali, solai, strutture in muratura e in c.a. Nel sito in esame tale indagine è stata effettuata con array di antenna a bassa frequenza (100-600MHZ) per il sottosuolo e a media frequenza (600-1600MHZ) per le strutture murarie, con lo scopo di individuare dei riflettori sensibili alle onde elettromagnetiche quali cavità, strutture sepolte, cunicoli, variazioni litologiche. In sostanza sono state realizzate delle tomografie su piani verticali e tomografie su piani orizzontali del sottosuolo dalla cui intersezione è scaturita una rete di piani che hanno ingabbiato il sottosuolo in piccoli volumi ed ha consentito la redazione di mappe di penetrazione e attenuazione del segnale in sottosuolo. In particolar modo sono state eseguite 50 scansioni (LMA-0 – LMA-50) di lunghezza compresa tra i 7m e i 100m, che hanno fornito le seguenti indicazioni:

- LMA-0 e LMA-1 : materiale incoerente indistinto, inoltre nella scansione LMA-1 il materiale risulta stratificato, al centro presenza di una griglia metallica .
- LMA-2 : Presenza di molti tubi, si intuisce un alto riflettente attribuibile al substrato lavico, a ridosso del muro frontale (confermato dalla scansione LMA-4).
- LMA-5 e LMA-6 : materiale incoerente abbastanza fine, ben stratificato, tubi con tombini, con presenza di qualche struttura armata .
- LMA-7 : materiale incoerente con presenza di roccia a 1,50 m circa .
- LMA-8: materiale incoerente superficiale nei primi 2/3 della sezione , dai 20m in poi risalita del substrato lavico
- LMA-9,10,e 20 : lava affiorante in superficie .
- LMA-11: presenza di tombini e di materiale incoerente.
- LMA-12, 13, 15, 27, 28,31, 32, 36,37,38 e 44: fino a 50 cm. materiale incoerente, al di sotto troviamo riflessione estesa e continua, attribuibile ad una vecchia pavimentazione ricoperta.
- LMA -14: materiale incoerente, intorno ai 3 metri si intuisce una transizione litologica ossia presenza di un substrato vulcanico.

- LMA -16 : sul lato sinistro si osservano indizi di lave superficiali intorno a 1,5 m, dopo si osserva materiale incoerente con tombini.
- LMA-17 : simile alla LMA - 16 solo che la roccia si osserva nella parte finale .
- LMA-19 : presenza di una grossa struttura armata, al di sotto di essa si osserva del materiale incoerente ben stratificato.
- LMA -21-24 e 25 : materiale incoerente ben stratificato ,presenza di tombini e tubi.
- LMA-22,29,39,40 e 41: presenza di una grossa struttura armata , al di sotto di essa materiale incoerente.
- LMA-23: presenza di materiale incoerente più o meno stratificato, tubi, nella parte finale della scansione si osserva un alto riflettente attribuibile al substrato vulcanico.
- LMA - 26: simile alla LMA-24, si differenzia per la presenza nella parte finale della scansione di un'armatura superficiale.
- LMA - 30: simile alla LMA - 29 , ma si differisce da questa per la presenza nella parte centrale presenza di una riflessione attribuibile ad una vecchia pavimentazione ricoperta.
- LMA-42: materiale incoerente fino ai 2m, al di sotto del quale si osserva un alto riflettente dovuta alla presenza del substrato lavico.
- LMA - 46: presenza di tre strutture a volta nella parte iniziale della scansione, e di due strutture armate.

Dai risultati dell'indagine sono state realizzate due differenti carte: la carta dei riflettori e la carta del substrato vulcanico. Nella prima si evidenziano sei categorie di riflettori: riflettori isolati non caratterizzabili, riflettori profondi a geometria indefinita, struttura a volta, strutture generiche, armature superficiali e i riflettori lineari.

- I riflettori isolati non caratterizzabili, sono di estensione limitata e circoscritta, nelle scansioni effettuate presso il Padiglione S. Marco, tali riflettori si osservano a N.W, N.E. e a S.W.
- I riflettori profondi a geometria indefinita sono caratterizzati da un'estensione più ampia rispetto ai precedenti in quanto vengono intercettati da diverse scansioni contigue. Tali riflessioni possono essere generate da strutture profonde (da 2 a 4m), quali livelli di paleosuoli. Nell'area in esame si osserva solo un riflettore profondo esattamente ubicato a NE del Padiglione. In tale riflettore si osserva una riflessione profonda situata tra 2.20m e 3.00m di profondità, dall'andamento e geometria si potrebbe trattarsi di una transizione litologica tra diverse tipologie di terreno di riporto o fra riporto e lava .

- Le strutture a volta possiedono una caratterizzazione intrinseca: si tratta di vani o cunicoli interrati con copertura a volta. Nel corso di tale indagine sono state individuate tre strutture a volta intercettate per un tratto di 12m al di sotto della strada adiacente il lato sinistro dell'edificio.
- Nella categoria delle strutture generiche rientrano i riflettori quali muri, fondazioni, cordoli murari ecc. Nell'indagine effettuata molte di queste strutture sono state individuate all'interno del cortile del pronto soccorso ciò suggerisce che localmente il substrato lavico è relativamente profondo.
- Infine oltre alle categorie dei riflettori precedentemente descritti sono state evidenziate : la presenza di una rete metallica e la presenza di riflettori lineari, la prima indica la presenza di una struttura o di un consolidamento. Nel caso in esame si osservano entrambe le situazioni. Infatti esternamente all'ospedale la presenza di armatura metallica indica generalmente presenza di locali interrati, vasche, serbatoi in c.a., mentre nella parte sinistra della planimetria, una struttura di questo tipo contraddistingue la presenza del ponte sulla strada sottostante. La presenza di riflettori lineari, che sono assimilabili a sottoservizi e condotte di piccolo diametro, nell'area indagata sono molto frequenti e generalmente superficiali.

Oltre la carta dei riflettori, con l'interpolazione delle profondità delle mappe radar è stata realizzata la carta del substrato lavico. Tale carta può risultare molto utile ai fini della valutazione della profondità di posa dell'edificio. Dall'osservazione della carta si osserva che sul lato ovest dell'edificio, si ha una maggiore superficialità del substrato lavico, con profondità comprese tra i 1.2 m e i 2.m circa, per poi approfondirsi verso S.E., mentre lungo il lato nord (Via Plebiscito) la riflessione del substrato lavico si attesta mediamente da 1.80 a 2.60 m, e sembra mantenere un profilo relativamente uniforme. In prossimità dell'ingresso centrale e del cortile del pronto soccorso il substrato lavico tende ad approfondirsi fino a raggiungere una profondità di 3.60 m, mentre nel cortile centrale dell'edificio il substrato si ritrova ad una profondità di circa di 2.5 m. In definitiva da quanto detto sopra si può dedurre le profondità a cui si attestano le fondazioni, in prossimità dell'ala S.E. del fabbricato si ha da un lato superficialità del substrato, dall'altra l'approfondimento rapido di alcuni metri di quest'ultimo; la parte nord-ovest appare direttamente poggiante sul substrato roccioso come in parte il fronte nord , ciò presuppone l'esistenza di differenti geometrie fondali in funzione della profondità del sito di fondazione competente.

3.4- Pozzetti esplorativi

Allo scopo di valutare la tipologia e lo stato delle strutture murarie di fondazione del padiglione S. Marco ed individuare la loro profondità di incastro e la natura del sedime fondazionale, sono stati effettuati n° 3 pozzetti stratigrafici esterni all'edificio in oggetto, i quali hanno evidenziato che:

- le fondazioni dei muri portanti sono costituite da conci di pietra lavica cementati con malta e "ghiera" rossastra; sia nel lato ovest del padiglione che nel lato est le fondazioni presentano la stessa tipologia, solo che nel lato est dell'edificio i conci presentano dimensioni regolari e decimetriche (circa 20 cm).
- Le fondazioni presentano nei tre pozzetti in esame tre geometrie diverse: una risega di 10 cm, nel lato nord, una risega di 40 cm nel lato ovest, mentre nel lato est presentano una apparente geometria a filo; la profondità è molto variabile dai 0,5 ai 4 m...

Dai riscontri visivi ottenuti grazie ai pozzetti, sembra che gli appoggi dei muri portanti siano incastrati a profondità diverse anche elevate (3-4 m.) su terreni di riporto (lato est), mentre sul lato nord ed ovest le fondazioni poggiano su lave compatte.

Con l' ausilio dei pozzetti esplorativi, sondaggi geognostici sia inclinati che verticali, della carta del substrato lavico e della carta dei riflettori è stato possibile costruire una carta schematica delle diverse tipologie e delle profondità delle fondazioni del padiglione S. Marco, in cui si riassumono 4 condizioni:

- Linea rossa - comprende la parte NE, la parte centrale dove è ubicato il pronto soccorso e in parte il lato settentrionale dell'edificio, presenta fondazioni in muratura localmente con risega di circa 10 cm che poggiano, più o meno direttamente su roccia lavica, lapidea o brecciata ad una profondità variabile da due metri a tre metri.
- Linea azzurra – comprende la parte NW e la parte ovest del lato settentrionale del padiglione, le fondazioni presentano le stesse caratteristiche della zona uno e si differenziano da queste, per la profondità, in questo caso variabile da 1m a 2 m.
- Linea verde - comprende la parte SW e la parte centrale dell' edificio, si osservano fondazioni in muratura con risega di circa di 10cm, che si ritrovano ad una profondità di circa tre metri, e poggiano direttamente su materiale di riporto o detritico, in genere grossolano.

COROGRAFIA
CON TIPOLOGIA FONDAZIONALE
SCALA 1:1.000



- Fondazione in muratura localmente con risega di circa 10 cm poggiante più o meno direttamente su formazione lavica lapidea o brecciata, a profondità variabile da 1 a 2 metri.
- Fondazione in muratura localmente con risega di circa 10 cm poggiante più o meno direttamente su formazione lavica lapidea o brecciata, a profondità variabile da 2 a 3 metri.
- Fondazione in muratura localmente con risega di circa 10 cm poggiante su materiale di riporto o detritico, in genere grossolano, a profondità fino a 3 metri.
- Fondazione in muratura localmente con risega di circa 10 cm poggiante su materiale di riporto o detritico grossolano o di scarsa consistenza, a profondità superiore a 3 metri.

- Linea gialla - comprende la parte SE e in parte la parte SW dell'edificio, le fondazioni presentano le stesse caratteristiche di quelle precedenti descritte nella terza zona, si differenziano da queste per la geometria, la profondità e per il materiale in cui si attestano, infatti presentano profondità di appoggio superiori ai 3 metri e poggiano su materiale di riporto o detritico grossolano o di scarsa consistenza ed hanno verosimilmente una geometria a filo.

Le indicazioni suddette sono indicative.

3.5 Prove di laboratorio

Durante l'indagine geognostica (Sondaggi geognostici), sono stati prelevati i seguenti nove campioni (vedi tabella allegata).

Numero campione	Sondaggio	Profondità (m)	Litologia	Tipologia geotecnica
1	S1	4.00-4.20	Roccia lavica vescicolata, bollosa e vacuolare	Roccia lapidea (basalto)
1	S2	5.50-5.70	Roccia lavica vescicolata, bollosa e vacuolare	Roccia lapidea (basalto)
2	S2	20.60-20.80	Paleodetrito antropico	Terre
1	S3	33.00-42.00	Roccia lavica massiva e compatta	Roccia lapidea (basalto)
1	S4	10.20-10.50	Paleodetrito antropico	Terre
2	S4	19.30-19.50	Brecce autoclastiche	Terre
3	S4	2.50-2.70	Roccia lavica vescicolata, bollosa e vacuolare	Roccia lapidea (basalto)
1	S6	1.50-1.75	Materiale di riporto	Terre
1	S7	31.40-31.60	Brecce autoclastiche con intercalazione di piroclastiti sabbiose	Terre

Cinque hanno la consistenza delle "terre" e quattro sono lapidei. Su questi campioni sono state effettuate dove possibile, alcune prove di laboratorio, per conoscere le caratteristiche geotecniche essenziali dei terreni affioranti all'interno e all'esterno del Padiglione S. Marco. In particolar modo nelle terre si è proceduto ad eseguire le seguenti prove : analisi granulometriche e prove di taglio diretto in condizioni drenate, mentre nelle rocce lapidee sono state eseguite le seguenti prove: determinazione del peso di volume e la resistenza a compressione.

A)Terre

Analisi granulometriche

L' analisi granulometrica delle terre viene eseguita col metodo diretto, cioè per setacciamento su una pila o batteria di setacci in cui l'apertura della maglia diminuisce via via di $\frac{1}{2}$ phi .Vengono usati setacci della serie ASTM del diametro di 200 mm ed altezza del bossolo di 50mm. La batteria di setacci viene posta per un certo periodo di tempo (20 minuti) su di una setacciatrice in modo da ottenere una completa vagliatura del materiale.

Attraverso l'analisi granulometrica è stato possibile determinare i seguenti parametri statistici : simmetria e classazione.

Il campione 2 sondaggio S2 (paleodetrito) a m. 20,60, presenta una curva granulometrica asimmetrica positiva con prevalenza di materiali fini rispetto a quelli grossolani, infatti prevale la percentuale di sabbia (>46%).Per quanto riguarda la classazione il campione in esame rappresenta un sedimento ben classato. Mentre il campione 1 sondaggio S4 (paleodetrito) a m.10,20, presenta una curva granulometrica a simmetria negativa con prevalenza di materiali grossolani rispetto a quelli fini. Infatti prevale la percentuale di ghiaia (> 75%), Per quanto riguarda la classazione il campione in esame rappresenta un sedimento poco classato. Infine il campione 1 sondaggio S6 presenta una curva granulometrica quasi simmetrica..

Resistenza al taglio diretto in condizioni drenate

Oltre all'analisi granulometrica nelle terre è stata eseguita la resistenza al taglio diretto in condizioni drenate mediante la scatola di Casagrande . Tale prova consiste nel sottoporre il campione di terreno opportunamente preparato, a due forze poste su piani ortogonali tra di loro, una verticale e l'altra di taglio o orizzontale. Attraverso tale prova si calcolano i parametri geotecnici del terreno: coesione, angolo d'attrito, peso di volume e inoltre i cedimenti. Il campione 2 sondaggio S2 (paleodetrito) presenta i seguenti parametri geotecnici: peso di volume $\gamma = 1.847 \text{ g/cm}^3$, coesione $c = 50.02 \text{ kN/m}^2$ e angolo d'attrito $\phi = 34^\circ$, mentre il campione 2 sondaggio S4 (breccie autoclastiche) a m. 19,30, presenta i seguenti parametri geomeccanici : coesione $c = 17.31 \text{ kN/m}^2$, angolo d'attrito $\phi = 33^\circ$ e peso di volume $\gamma = 1.954 \text{ g/cm}^3$. Infine il campione 1 del sondaggio S7 (piroclastiti sabbiose) a 31,40 m., presenta i seguenti parametri geognostici : coesione $c = 17.31 \text{ kN/m}^2$, angolo d'attrito $\phi = 39^\circ$ e peso di volume $\gamma = 2.059 \text{ g/cm}^3$. Quindi i tre campioni esaminati presentano caratteristiche geotecniche discrete che non rispecchiano ovviamente la resistenza generale del terreno di fondazione che data la sua eterogeneità , potrà essere migliore o più scadente . Per quanto riguarda i diagramma sforzo di taglio e il diagramma deformazione verticale, ottenuti, applicando ai tre campioni in esame una pressione verticale (di 98.10 kN/m^2 prima, 196.00 kN/m^2 dopo e 294.00 kN/m^2 poi) si ottengono i seguenti risultati :

Pressione verticale (KN/m ²)	Campione	Sforzo di taglio (KN/m ²)	Deformazione verticale (mm)
98.10	2 S2	119	- 3.60
	2 S4	81.40	52.4
	1 S7	140.38	-3.10
196	2 S2	180	-5.40
	2 S4	153	-32.30
	1 S7	217	4.10
294	2 S2	253	-15.30
	2 S4	213	-7.80
	1 S7	301	-1.40

Dai risultati ottenuti si osserva che il campione 1 sondaggio S7 appartenente litologicamente alle breccie autoclastiche con intercalazioni di piroclastiti sabbiose è il meno compressibile.

B) Rocce lapidee (Rocce basaltiche)

Determinazione del peso di volume

Nelle rocce basaltiche è stata effettuata la prova del peso di volume. Tale prova consiste: nel pesare il campione in aria, dopo di che si ripesa il campione in aria dopo averlo paraffinato, dopo si procede al pesare il campione, paraffinato in acqua con bilancia idrostatica .Il peso di volume sarà dato dal rapporto tra il peso e il volume ossia: P/V . Con questa prova si sono ottenuti i seguenti pesi di volume (γ): 2,6 g/cm³, per il campione 1 sondaggio S2 , 2,7 g/cm³, per il campione 1 sondaggio S3, 2,3 g/cm³, per il campione 1 sondaggio S1 e 2,5 g/cm³, per il campione 3 sondaggio S4.

Resistenza a compressione

Infine nelle rocce basaltiche è stata effettuata la prova di resistenza a compressione : che consiste nel sottoporre il campione di roccia in esame ad un carico via via crescente e si registra il valore della resistenza a rottura , ottenendo i seguenti valori: 197.50 N/mm² , per il campione 1 sondaggio S2 , 202.40 N/mm², per il campione 1 sondaggio S3 , 140.70 N/mm², per il campione 1 sondaggio S1, e 171.2 N/mm², per il campione 3 sondaggio S4. Dai risultati ottenuti si osserva che il campione 1 sondaggio S3 appartenente litologicamente alla roccia lavica massiva e compatta è il più resistente rispetto agli altri tre appartenenti litologicamente alla roccia lavica bollosa.

4.0 - SITUAZIONE SPECIFICA DELL'AREA D'INTERESSE

Il sito di interesse occupato dal Padiglione San Marco dell'Ospedale Vittorio Emanuele, che rientra nel centro storico di Catania, comprende un unico edificio principale molto articolato planimetricamente ed altimetricamente e degli spazi esterni ed è delimitato dalla via Plebiscito a nord e da altre pertinenze ospedaliere lungo gli altri tre lati.

La campagna geognostica ha accertato tramite sondaggi geognostici ed indagini geofisiche la precisa stratigrafia dei terreni, la litologia dei terreni di fondazione e la struttura stessa delle fondazioni, nonché alcune caratteristiche fisico-meccaniche ed elastiche dei terreni; inoltre attraverso le prospezioni geofisiche si è conosciuta la risposta sismica del terreno, la velocità di propagazione delle onde di taglio e di quelle di compressione.

I dati così ottenuti potranno essere introdotti nei calcoli per il miglioramento e/o l'adeguamento antisismico dell'edificio da recuperare, conservare e riutilizzare.

Per quanto riguarda la geologia si è visto che nell'area in esame affiorano quattro formazioni litologiche essenziali: materiale di riporto recente, presente superficialmente un po' dappertutto ma soprattutto a nord e a sud del complesso, le Lave del 1669 presenti nel sottosuolo settentrionale dell'edificio, il paleodetrito antropico, di epoca romana e medievale, presente sotto le porzioni meridionale e centrale dell'edificio e le Lave dei fratelli Pii del 693 a C. presenti al di sotto dell'ala occidentale.

In particolare attraverso le indagini, si è visto sostanzialmente che l'edificio nel suo complesso è attraversato da ovest verso est dal margine frontale della colata del 1669 che ha, peraltro, formato un gradino morfologico al quale si è adattata la struttura ospedaliera; tale fronte di colata del 1669 avanzando ha ricoperto, ad ovest le vulcaniti dei F.lli Pii senza interposizione alcuna, mentre verso est ha sormontato, come già detto più volte, una spessa copertura di paleodetrito antropico. Su quest'ultimo materiale, cercando di ottimizzare l'appoggio fondazionale, è stata edificata la parte sud-est dell'edificio. La situazione di appoggio diversificato del Complesso Ospedaliero ha fatto sì che la parte lungo la via Plebiscito si sia mantenuta complessivamente in buone condizioni di conservazione ed integrità strutturale mentre nell'intorno dell'angolo sud-est si siano manifestati nel passato moderati fenomeni di assestamento per cedimento di consolidazione i cui segni, in verità molto modesti, si irradiano dal suddetto punto verso la parte centrale dell'edificio. Quanto detto è correlato direttamente alla diversa composizione del sedime fondazionale; infatti tali litotipi lavici presentano caratteristiche fisico-meccaniche buone ($\gamma \geq 2.0$ T/m³, $\phi \geq 35^\circ$, $c = 0$), e scarsa o nulla compressibilità mentre quelli riconducibili al riporto ed al paleodetrito antropico a componente limo-argillosa e molto eterogenei, presenti a sud-est

dell'edificio, sono di spessore significativo e meccanicamente più scadenti e presentano elevata compressibilità.

In funzione alle caratteristiche geotecniche precedentemente descritte (angolo d'attrito, peso di volume e coesione), e geofisiche (velocità delle onde sismiche trasversali), nella classificazione del "Gruppo Nazionale Difesa Terremoti (GMDT) ed il CNR" allegata alla circ. A.R.T.A. n° 2222 della Regione Siciliana, i terreni di interesse rientrano nella categoria S_1 che comprende anche: "Depositi di sabbie e ghiaie addensate e/o terreni coesivi compatti, senza un substrato a forte contrasto di proprietà meccaniche, entro i primi 90 metri dalla superficie, caratterizzati da valori crescenti delle onde trasversali compresi almeno tra 250 e 500 m/s per profondità da 5 a 30 metri e nella fascia 350-700 m/s per profondità maggiori", in perfetto accordo con la categoria B della nuova normativa sismica.

5.0 - CONCLUSIONI

Per quanto è stato osservato in precedenza si può affermare che l'edificio in questione risulta in parte (zona nord), caratterizzato da condizioni geomorfologiche e geologiche favorevoli, infatti esso poggia direttamente su litotipi vulcanici sia bollosi che compatti aventi uno spessore notevole e dotati nel complesso di buona resistenza generale anche se all'interno di essi in alcuni punti si ritrovano dei vuoti; tuttavia, considerando la scarsa planarità della superficie lavica originaria e i limitati mezzi d'opera esistenti all'epoca, c'è da ritenere che al di sotto delle strutture di fondazione ci possano essere situazioni di debolezza dovute all'intrinseca eterogeneità del litotipo lavico o anche a fattori degenerativi secondari; questi casi sono meritevoli di interventi migliorativi.

La parte meridionale del Padiglione S. Marco, invece, si attesta direttamente su materiale di riporto molto eterogeneo costituito da limi e terre sedimentarie, pietrame lavico e frammenti lavici e su paleodetrito antropico, della medesima natura, inadatto alla trasmissione di carichi importanti alle fondazioni senza i dovuti accorgimenti.

Questi due fatti anzidetti, configurano due situazioni differenti nelle proposte di intervento.

Le proposte di intervento saranno quindi indirizzate principalmente al miglioramento dell'interazione terreno – struttura ed al recupero della funzionalità del sistema fondazionale in presenza di segni di cedimento.

Occorrerà dunque migliorare le caratteristiche fisico-meccaniche dei vari litotipi di sedime al fine di uniformarne il comportamento in risposta alle sollecitazioni meccaniche e sismiche.

Tale fine può essere conseguito attraverso una duplice azione:

- 1) miglioramento delle caratteristiche meccaniche del terreno superficiale maggiormente areato nell'intorno della fondazione in muratura e della fondazione stessa, attraverso il consolidamento mediante iniezioni di miscele cementizie a bassa profondità;
- 2) realizzazione di una sottofondazione dei muri portanti mediante micropali leggermente inclinati, interni ed esterni, direttamente intersecanti la fondazione, per trasferire le sollecitazioni nel terreno consistente profondo.

Per quanto riguarda il primo punto, l'intervento dovrà essere esteso alle parti contrassegnate con linea rossa e linea verde nella planimetria delle tipologie fondazionali, e facoltativo ma consigliato nella parte contrassegnata con il tratto azzurro; si potrà operare attraverso fori di iniezione eseguiti con macchine leggere e smontabili anche all'interno dell'edificio, lungo tutto il perimetro. Saranno eseguiti fori profondi 3-5 mt. per trattare tutto lo spessore areato compresa la fondazione; i fori saranno iniettati in risalita con otturatore pneumatico attraverso un tubo forellato a

perdere in PVC del Φ 80 o minore annegato in una guaina plastica; la miscela consolidante sarà di tipo binario cemento-acqua nel rapporto 1/1 -1/2 con l'eventuale aggiunta di sabbia per tamponare meglio i vuoti maggiori ed evitare la dispersione della miscela; il passo di esecuzione dei fori trivellati sarà dell'ordine dei due metri mediamente con possibilità di intensificare l'intervento in presenza di elevati assorbimenti. Nel caso di reperimento di vuoti di grandi dimensioni si potrà intervenire direttamente dall'esterno mediante getti di calcestruzzo magro a inerte fine.

Per il secondo punto si propone di eseguire una sottofondazione lungo tutto il perimetro di muro portante contrassegnato con tratto giallo nella succitata planimetria. Tale intervento potrà essere effettuato attraverso una doppia fila di micropali inclinati. Si tratterà di micropali trivellati a rotopercolazione, del diametro 120-140 mm. (Tub-fix tipo D) fino ad una profondità massima di mt. 15, per assicurare un incastro nelle vulcaniti del Complesso Inferiore pari ad almeno il 60% della lunghezza totale, intervallati ogni 50-70 cm, e disposti su due file sfalsate con inclinazione del 10% (pari a circa 6°), all'interno ed all'esterno in modo da creare una geometria a calice. I micropali saranno armati con canne di acciaio tipo tub-fix con Φ 76 mm, con valvole a "manchettes" in gomma ogni 50 cm che impediranno il rifluimento della miscela nel tubo di armatura; si prevede di eseguire le iniezioni in risalita mediante un otturatore pneumatico (bimber) con assorbimenti di miscela cemento-acqua fino alla formazione di un volume teorico almeno doppio rispetto a quello del foro; si prevedono assorbimenti dell'ordine dei 40-60 Kg di miscela per ml con punte di 80 Kg nei tratti particolarmente scoriacei. Le teste dei micropali saranno collegate tra loro attraverso la realizzazione di cordoli armati interni ed esterni rispetto al muro e resi solidali alla muratura attraverso cuciture con barrette di acciaio passanti.

Sempre nella zona contrassegnata con tratto giallo, e possibilmente anche nel resto dell'edificio, sarà molto opportuno realizzare dei drenaggi in pietrame arido a tergo delle murature portanti soprattutto per interrompere la risalita capillare delle acque subsuperficiali provenienti dal verde ornamentale circostante; nei terreni in esame infatti è diffuso un processo di formazione di solette impermeabili dovuto al dilavamento operato dalle acque circolanti c/o di precipitazione che trasportano la porzione più fine di terreno ridepositandola in quantità al diminuire della velocità di flusso e determinando l'occlusione dei pori della roccia e la formazione di straterelli impermeabili a granulometria fine che favoriscono il ristagno corticale delle acque e quindi l'immediato deterioramento delle murature portanti ad opera della risalita capillare.

