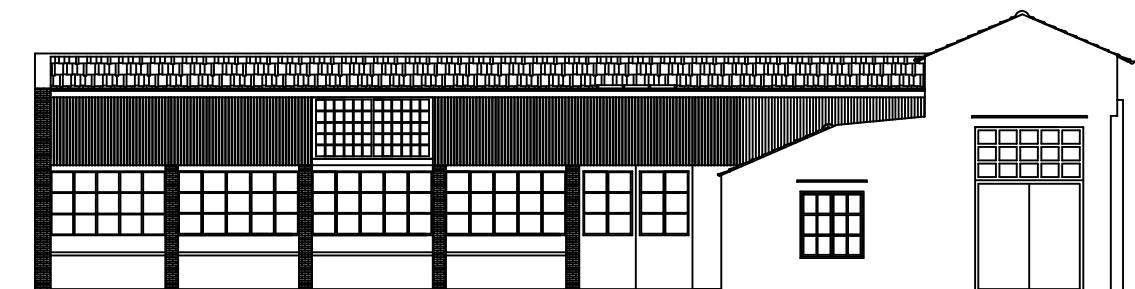




COMUNE DI PALERMO

AREA TECNICA DELLA RIGENERAZIONE URBANA E DELLE OO.PP.
SETTORE OO.PP. / CITTÀ STORICA

"Restauro dei Padiglioni 1 - 2 ai Cantieri Culturali alla Zisa", da destinare a sede decentrata della Biblioteca Comunale (CUP:D74B12000080001)



PROGETTO ESECUTIVO

Progettisti:

Arch. Angela Gebbia (ccordinatrice)
Arch. Gabriele Giorgianni
Ing. Edoardo Intravaia
Ing. Michele Milano

Progettista impianti:

Studio Faraone S.r.l.s.

Ing. Pietro Faraone

Legale rappresentante, Socio e Direttore Tecnico
Ordine Ingg. di Palermo Iscritto al n. 3699

Ing. Francesco Russo

Socio e Direttore Tecnico

Ordine Ingg. di Palermo Iscritto al n. 6374

Professionista antincendio abilitato ai sensi del D.Lgs. 139/2006
e D.P.R. n. 151/2011: n. PA06374I00889

Geologo

dott. Aldo Carmelo Pisano

Coordinatore della sicurezza:

Arch. Gianfranco Geraci

Pareri, approvazioni

Elaborato del PROGETTO ESECUTIVO verificato come da
Rapporto Finale prot. n. AREG/1656039 del 19/12/2023

VISTO,

ai sensi e per gli effetti dell'art. 42 co.4 del codice d.lgs. 36/2023

SI VALIDA

come da contestuale Atto del RUP
prot. AREG 1656199 del 20.12.2023

II R.U.P.

Ing. Tonino Martelli

Responsabile Unico del Procedimento
Arch. Michele Di Rosa

Staff del R.U.P.
Arch. Angela Gebbia

Data : Agosto 2022

Rev. n.

Elaborato:

RELAZIONE GEOLOGICA

Codice Elaborato:

A.03

INDICE

	<i>Pag.</i>
1. PREMESSE.....	1
2. DESCRIZIONE DELLO STATO ATTUALE DEI PADIGLIONI OGGETTO DELL'INTERVENTO.....	3
2.1- Padiglione n. 1.....	3
2.2 - Gli interventi previsti in progetto	4
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO DELL'AREA.....	6
4. LA SUCCESSIONE LITOSTRATIGRAFICA IN CORRISPONDENZA DEL SITO DI INTERVENTO E RICOSTRUZIONE DEL MODELLO GEOLOGICO E GEOTECNICO DI RIFERIMENTO.....	9
4.1 – Idrogeologia.....	10
5. RISULTATI DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITU	11
5.1- Pozzetto stratigrafico.....	11
5.2 - Calcolo del V_{s30} e scelta della categoria di sottosuolo	12
6. CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI TERRENI	13
7. - CONCLUSIONI E CONSIDERAZIONI SULLA TIPOLOGIA DELLE FONDAZIONI.....	14

1. PREMESSE

Su richiesta esplicita dell'Ufficio Città Storica , è stato dato l'incarico allo scrivente per la redazione dello studio geologico finalizzato alla verifica delle condizioni di stabilità geomorfologica e le caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione relativamente all'intervento di *"Restauro dei padiglioni 1- 2 ai Cantieri Culturali alla Zisa", da destinare a sede decentrata della Biblioteca Comunale"*.

Lo studio geologico è stato condotto in osservanza delle più recenti norme tecniche per le costruzioni (D.M. 14 gennaio 2008) e ss.mm.ii., che impone di verificare il modello geologico del sottosuolo in termini sia litologici che geotecnici, le caratteristiche di risposta sismica locale, e le condizioni generali sia di stabilità geomorfologica che di rischio idraulico secondo il Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.) redatto dalla Regione Siciliana – Assessorato Territorio ed Ambiente.

Gli interventi del progetto nel suo complesso, prevedono il ripristino strutturale e funzionale del Padiglione n°1 e 2; in particolare gli interventi nel pad. 1 hanno l'obiettivo di adeguare la struttura alla nuova destinazione d'uso funzionale, di recente assegnata, quale sede decentrata della Biblioteca Comunale.

La presente relazione riferisce esclusivamente sul padiglione n°1 in quanto solo in questo, la tipologia degli interventi previsti necessitano una conoscenza della stratigrafia del sottosuolo ed una loro caratterizzazione dal punto di vista sia in termini fisico-meccanici che di risposta sismica locale.

Il padiglione in particolare è posto all'interno dell'area denominata "Cantieri Culturali della Zisa" di interesse storico-culturale , ubicata in prossimità del Castello della Zisa , tra la Via Perpignano e la Via Paolo Gili. (fig. 1 – Corografia 1:10.000)

Lo studio è stato condotto attraverso indagini di superficie con lo scopo di verificare le condizioni di stabilità delle strutture portanti del Padiglione 1, che per la determinazione delle condizioni geomorfologiche attualmente presenti sul sito. Inoltre lo scrivente, al fine della ricostruzione del modello geologico del sottosuolo e per la determinazione delle caratteristiche della risposta sismica locale, si avvalso di indagini e prove di laboratorio effettuate in precedenti campagne geognostiche, realizzate in aree limitrofe e sulle medesime litologie.

In particolare sono stati utilizzati i dati litostratigrafici relativi a sondaggi meccanici effettuati a carotaggio continuo, scavi di pozzetti stratigrafici e rilievi di sismica passiva a stazione singola per la determinazione del V_{s30} (v. bibliografia geologica allegata).

Infine per poter confrontare e verificare i dati già in possesso dello scrivente con le locali condizioni geologico-geotecniche immediatamente al disotto del piano di fondazione, si è reso necessario nel corso della presente progettazione, effettuare alcuni pozzetti stratigrafici di verifica all'interno del padiglione 1 ed in particolare in vicinanza delle strutture portanti, i cui risultati sono riportati nell'apposito paragrafo della presente relazione.



2. DESCRIZIONE DELLO STATO ATTUALE DEI PADIGLIONI OGGETTO DELL'INTERVENTO

2.1 - Padiglione n. 1

Dai risultati dei rilievi strutturali riportati nell'apposita relazione tecnica a firma dei progettisti, il padiglione n. 1, ha una struttura a pianta rettangolare ad una elevazione e costituita da due campate coperte da strutture lignee a doppia falda inclinata, impostate ad altezze differenti e realizzate con capriate semplici, in legno quelle più basse e con capriate aventi catena costituita da trave in cemento armato, quelle più alte.

Dette capriate, in corrispondenza dei muri perimetrali, poggiano su pilastri in mattoni mentre nella parte centrale del corpo di fabbrica, poggiano su pilastri in c.a..

Le coperture sono state oggetto di un intervento di messa in sicurezza e di consolidamento statico, realizzato con un precedente appalto nel 2003, che hanno interessato il rifacimento delle capriate, delle travi e degli arcarecci, sui quali è stato disposto un nuovo tavolato, con soprastante strato di materiale coibente, la guaina e un manto di tegole marsigliesi.

Inoltre è stato realizzato il sistema di smaltimento delle acque meteoriche con il posizionamento di nuove gronde e pluviali, ed è stata eseguita l'ispezione dei condotti di collegamento all'impianto fognario.

L'interno del padiglione è caratterizzato da una pavimentazione in battuto di cemento in pessime condizioni e da una serie di pilastri in c.a. che si susseguono a ritmo costante, definendo la suddivisione del padiglione in due navate poste ad altezze differenti. Infine la muratura diOMPAGNO del padiglione è realizzata con conci di tufo intonacati. (v. foto 1,2,3,4,5).

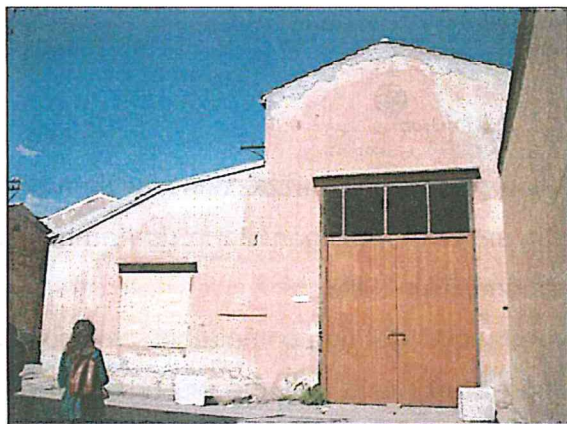


Foto 1 – Prospetto principale



Foto2 - interno navata sinistra, piu bassa

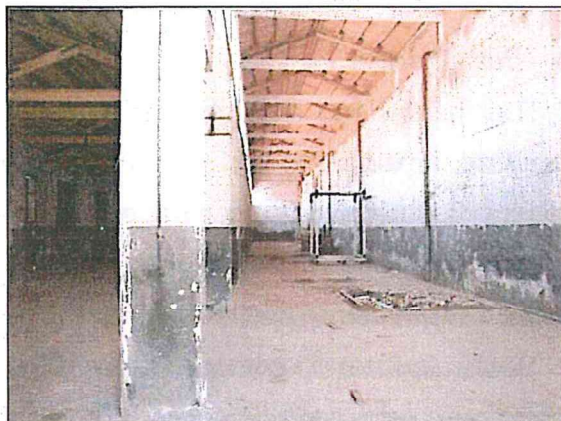


Foto 3 - interno navata destra, più alta



Foto 4 - prospetto laterale OVEST

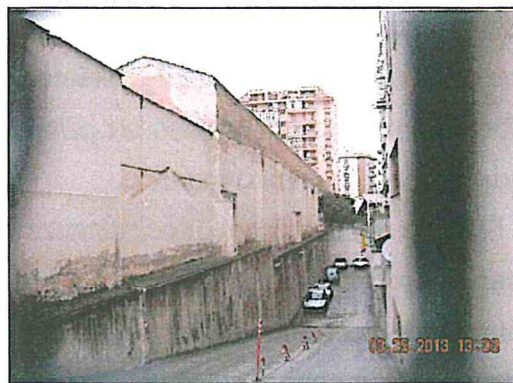


Foto 5 - prospetto laterale EST

2.2 - Gli interventi previsti in progetto

Nella parte più alta del padiglione 1 (foto3) è prevista la realizzazione dell'archivio librario, che in relazione all'alto carico di incendio sarà compartimentato in due ambienti, separati da pareti e porte realizzate con caratteristiche R.E.I. 180.

Questi ambienti saranno attrezzati con librerie mobili del tipo compattabili, funzionali alla conservazione e finalizzati a trovare soluzione all'esigenza sempre più pressante di luoghi per la conservazione di tipo archivistica, che possa consentire il trasferimento di

parte del patrimonio librario, attualmente archiviato presso la biblioteca comunale, in particolare le raccolte ospitate presso "Palazzo Marchesi".

Nella parte adiacente, di minore altezza, (foto2) separata da pareti e porte realizzate con caratteristiche R.E.I. 180, si prevede di utilizzare gli spazi come front office, spazi per la lettura e la consultazione e salette audio – video, ed i servizi igienici. Infine nella parte terminale al confine con il padiglione 2 è prevista la realizzazione di locali tecnici comprensiva di cisterne d'acqua a scopo antincendio.

Nel padiglione 2 è stata prevista la realizzazione di uno spazio polifunzionale, quale luogo di fruizione dei servizi culturali, extra lettura e consultazione, offerti dalla sede decentrata della Biblioteca Comunale.

Fermo restando che il presente studio ha come obiettivo quello di verificare ed adeguare le strutture portanti dei padiglioni alle nuove norme tecniche sulle costruzioni, le uniche opere o installazioni che hanno una certa rilevanza sui carichi trasmessi e conseguentemente sulle caratteristiche fisiche del sottosuolo, sono la prevista collocazione di strutture mobili a movimentazione elettrica e manuale, degli archivi librari che ospiteranno le varie collezioni della biblioteca.

Trattasi di strutture metalliche monofronti e bifronti compattabili di diversi metri di altezza (circa 5m) e altrettanti di larghezza dotate di un sistema a movimentazione elettrica e manuale che dovrebbe consentire lo spostamento degli stessi su appositi binari, per permettere l'accesso e la consultazione degli archivi.

Considerato che il peso specifico dei libri è pari a circa 1.200 Kg/m³, ne consegue che un 1 ml di scaffali mobili compattabili mobili può contenere circa kg 135 di documentazione.

I dati progettuali considerano che gli archivi mobili ospitano su due livelli di archivio, costituiti da un soppalco metallico, 13 livelli di palchetti, con un peso pari a circa 3.500 Kg/mq di documenti librari, oltre il peso degli archivi mobili compattabili e della struttura metallica del soppalco.

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO DELL'AREA

La storia geologico-evolutiva di questo settore è analoga a quella che ha determinato la conformazione della restante parte della Piana di Palermo.

Questa considerazione è supportata e confermata soprattutto dai dati stratigrafici, per la presenza di una continuità litologica nel sottosuolo di Palermo, riconducibile agli stessi cicli deposizionali che hanno dato origine alla successione plio-pleistocenica di mare basso, costituita da calcareniti in banchi di diversi metri in alternanza con sabbie più o meno addensate.

La formazione, in genere, passa inferiormente in contatto stratigrafico con sequenze più plastiche come argille più o meno sabbiose, che si possono riscontrare anche come intercalazioni all'interno della sequenza calcarenitica.

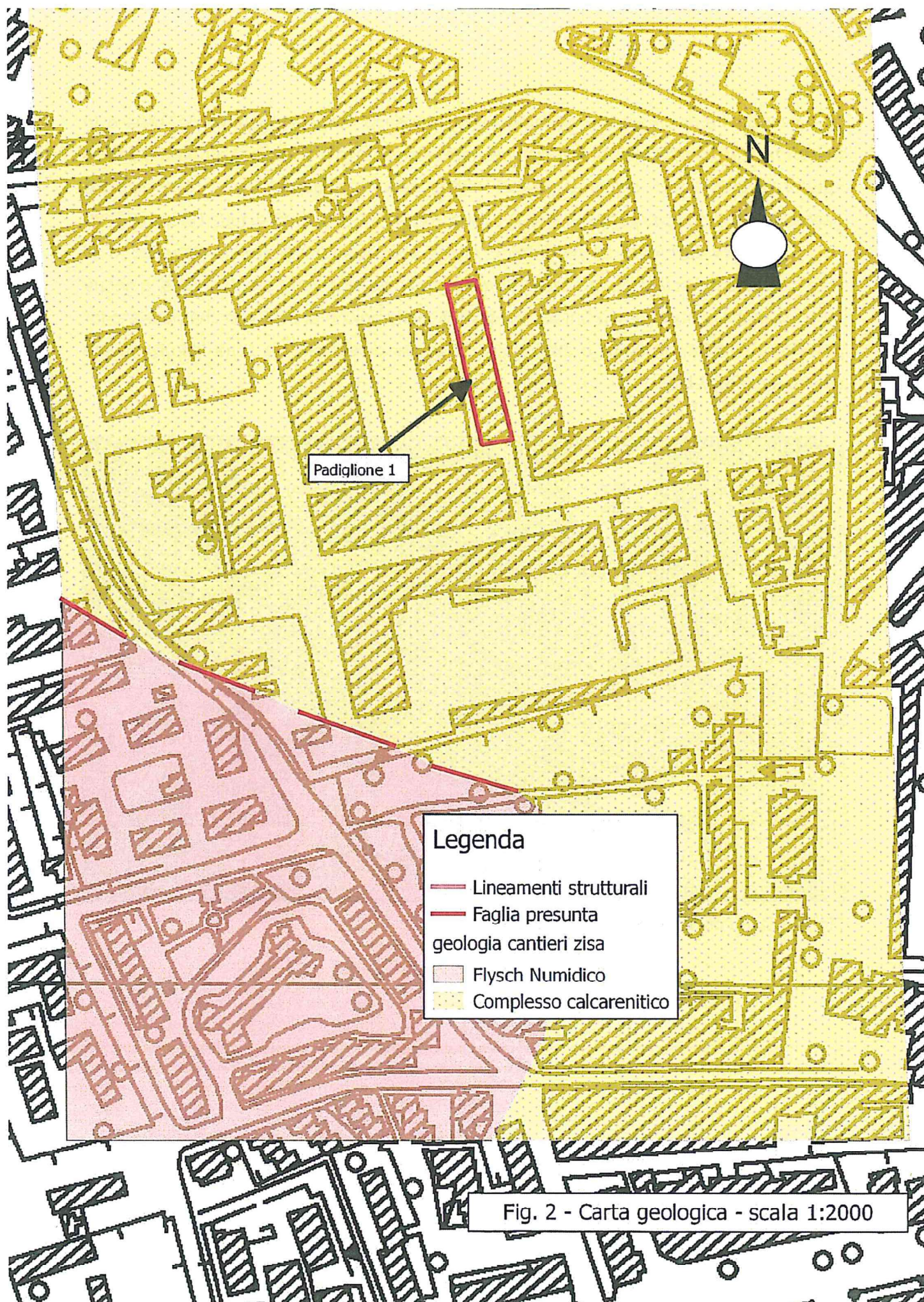
Procedendo nell'analisi della locale sequenza litostratigrafica, il quaternario in facies calcarenitico-sabbioso termina inferiormente con un contatto stratigrafico discordante, con una sequenza impermeabile oligo-miocenica in facies di flysch, costituita da alternanza di termini prettamente lapidei come quarzareniti ed arenarie più o meno quarzose, con termini più argillosi come argilliti a struttura scagliosa e rari livelli sideritici. Questa formazione nel quadro geologico regionale costituisce l'evoluzione oligo-miocenica delle unità carbonatiche che costituiscono l'ossatura della catena montuosa della Sicilia settentrionale, che in corrispondenza della Piana di Palermo le ritroviamo ribassate al di sotto della copertura quaternaria, per effetto della tettonica distensiva.

La deposizione delle calcareniti quaternarie è da riferire alle alterne ingressioni e regressioni marine che a partire dal Pleistocene Medio, hanno interessato uniformemente tutto il settore costiero della Sicilia e conseguentemente anche la Piana di Palermo.

Tali sedimenti presentano sotto l'aspetto compositivo, tessiturale e diagenetico caratteristiche variabili, correlabili con le differenti circostanze ambientali del deposito, conseguenti alle modificazioni, anche repentine, del quadro idrografico e morfologico della zona costiera, cui conseguivano condizioni sedimentarie tipiche di ambienti litoranei o di ambiente misto fluvio-marino.

Nel settore in esame, le calcareniti sono presenti ed affioranti sotto una copertura detritica di alterazione, ma verso i quadranti più occidentali vengono in contatto laterale con la formazione argilloso-arenacea del Flysch Numidico, molto probabilmente in corrispondenza di una faglia. (fig. 2 – carta geologica di dettaglio 1:2000)

Questa ricostruzione geologico-strutturale è suffragata dai dati stratigrafici provenienti da alcuni sondaggi effettuati all'interno dei Cantieri



Relativamente all'aspetto geomorfologico, l'assetto sub pianeggiante dell'area e la mancanza di condizioni di rischio nel sottosuolo legati a potenziali cedimenti o sprofondamenti dovuti alla presenza di cavità, esclude qualsiasi forma di evoluzione geomorfologica che possa precludere le buone condizioni di stabilità di tutta l'area. (Fig. 3)

Condizioni favorevoli si riscontrano anche nei riguardi del rischio idraulico o di esondazioni-allagamenti, in quanto nell'area circostante non sono presenti corsi d'acqua ne tanto meno vi sono condizioni topografiche e morfologiche al contorno che possano far prevedere possibili accumuli o allagamenti di acque provenienti da zone idraulicamente confinanti. (Fig. 3 bis).



Fig. 3 – Carta del rischio geomorfologico

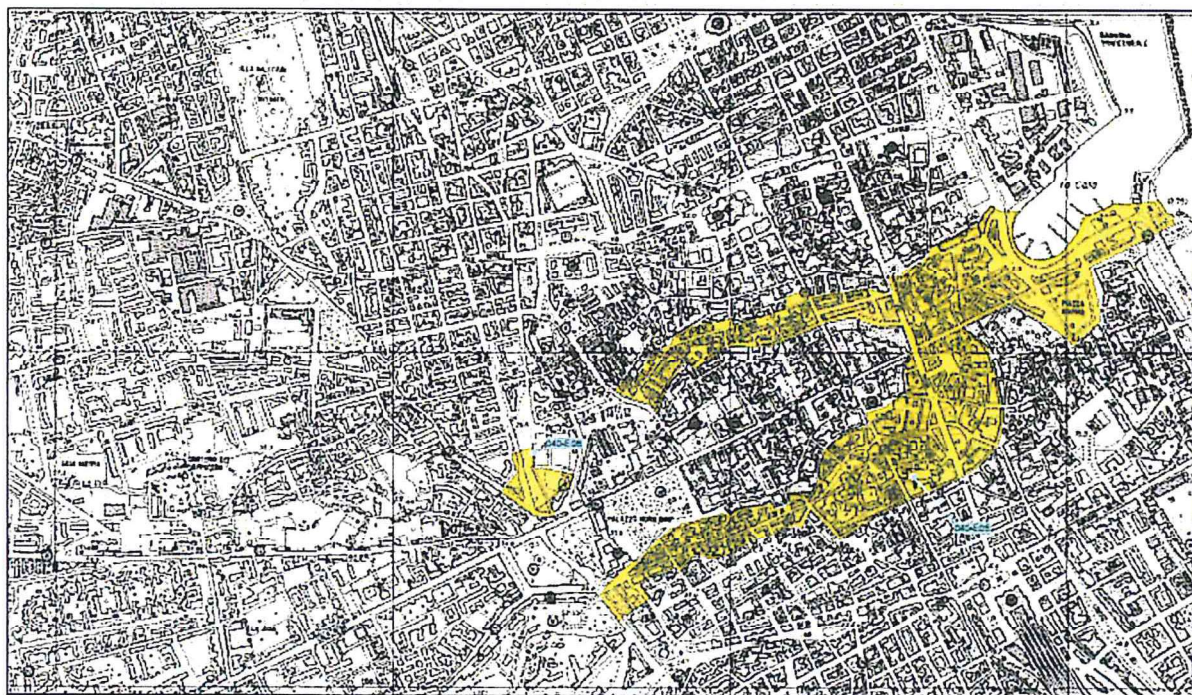


Fig. 3 bis – Carta del rischio idraulico

4. LA SUCCESSIONE LITOSTRATIGRAFICA IN CORRISPONDENZA DEL SITO DI INTERVENTO E RICOSTRUZIONE DEL MODELLO GEOLOGICO E GEOTECNICO DI RIFERIMENTO

L'area su cui insistono i padiglioni delle ex "Officine Ducrot", oggi rinominata "Cantieri Culturali della Zisa", è stata ampiamente studiata ed investigata nell'immediato sottosuolo in occasione dei vari interventi sia di recupero strutturale e funzionale dei padiglioni, che da altri interventi eseguiti nel corso degli anni, nell'intorno dell'area.

Il recupero di questi dati geologici e geognostici, ha consentito lo scrivente, di poter ricostruire con maggiore precisione la locale successione litostratigrafica e definire il modello geologico di riferimento per le opere che si andranno a realizzare. Nella planimetria di fig. 4 è riportata l'ubicazione dei sondaggi acquisiti ed utilizzati nella presente relazione.

In particolare gli studi geologici relativi al recupero dei padiglioni 3-12-18 (arealmente limitrofi al padiglione 1) effettuati dal dott. Geol. Paolo Martines (febbraio 2005), indicano che le indagini in situ realizzati, mediante scavo di n° 6 pozzetti geognostici mediamente ad una profondità di 1,20m, mostrano una porzione superficiale di copertura con potenza variabile da 0,80m sino a 1,17m, costituita da terreni di riporto mediamente per i primi 20-25cm circa, per poi passare a terreni detritici frammisti a terreno vegetale, in contatto inferiore con terre rosse di alterazione. Al disotto delle **Terre Rosse** in genere si riscontra la calcarenite della formazione quaternaria denominata volgarmente "Tufo". La potenza di questa copertura detritica e/o di alterazione mostra spessori maggiori man mano che ci si sposta verso i quadranti meridionali rispetto al padiglione 1, passando da circa 0,60 m a 2,90 , come riscontrabile nei sondaggi S1 ed S2, S6 , S7 (v. allegato 1- stratigrafia acquisita).

Mentre nei sondaggi S3, S4 ed S5 questa copertura, che maschera le formazioni sottostanti, scompare del tutto facendo affiorare nell'immediato sottosuolo, i terreni impermeabili della formazione argilloso-arenacea oligo-miocenica del Flysch Numidico che in genere compare al disotto della formazione calcarenitica quaternaria.

Questa risalita della formazione oligo-miocenica a queste quote superficiali, fa supporre che possa esserci la presenza di una struttura tettonica sepolta come una faglia, con andamento NW-SE che abbia consentito la risalita della formazione flyschoidale sino a portarla a diretto contatto laterale con le calcareniti quaternarie.

Nell'ambito di questa formazione, i termini campionati durante i sondaggi in situ, vengono descritti come biocalcareniti o biocalciruditi giallastre mediamente cementate, a luoghi a struttura vacuolare che dal punto di vista geotecnico possono essere considerate come un buon substrato su cui poter attestare il piano di fondazione delle opere, se dotate di un certo spessore.

In merito a questo ultimo dato, si può tranquillamente affermare che in corrispondenza del padiglione 1 la profondità delle calcareniti, da quello che si evince dalle colonne stratigrafiche dei sondaggi ed in particolare S8 e S15, non dovrebbe essere inferiore ai 10m. Pertanto sulla base di questi dati il modello geologico di riferimento presente al disotto del padiglione in studio è un modello a 2 strati, con un 1° strato di copertura profondo circa 1,50m dal p.c. ed un 2° strato costituito da roccia lapidea dalle discrete caratteristiche meccaniche di potenza non inferiore ai 10m. (v. sezione geologica schematica di fig.5)

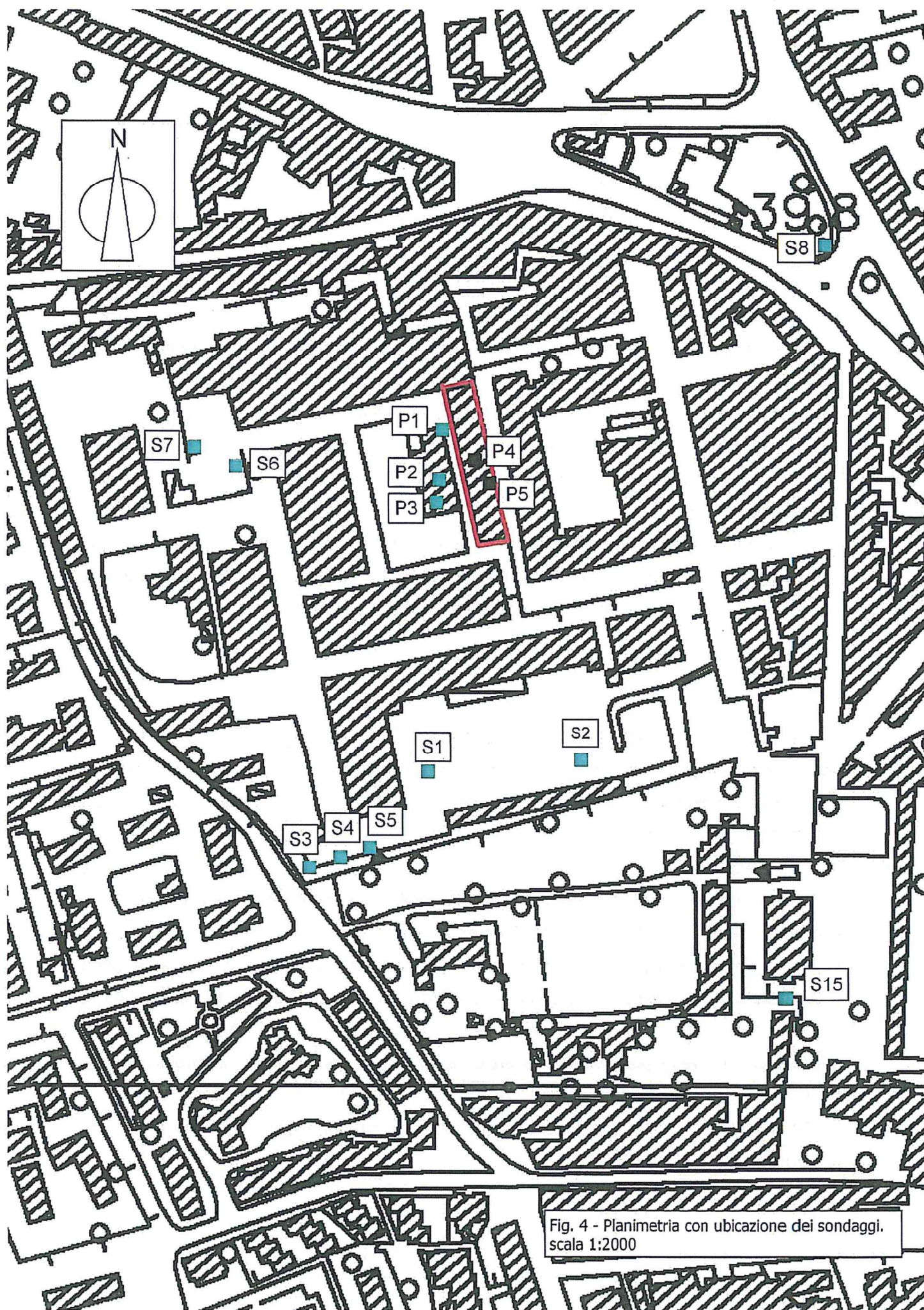
Il comportamento meccanico che generalmente si riscontra sui litotipi che compongono questa formazione sono alquanto variabili e con caratteristiche che vanno da quelle tipiche dei materiali incoerenti a quelle delle rocce lapidee.

4.1 - Idrogeologia

Il locale assetto stratigrafico individua dal punto di vista idrogeologico, la presenza di una roccia serbatoio individuabile nella formazione quaternaria delle calcareniti, che poggia in contatto con la formazione impermeabile del Flysch Numidico ad una profondità variabile tra gli -11,00m nel sondaggio S8 e -10,20 nel sondaggio S15.

La presenza pertanto di una fascia impermeabile che tampona inferiormente le acque di infiltrazione che attraversano l'idrostruttura delle calcareniti, crea quelle condizioni idrogeologiche sufficienti per la formazione ed accumulo di una falda sotterranea.

A riguardo le condizioni di saturazione della formazione calcarenitica è stata riscontrata alle seguenti profondità ed in particolare: sondaggio **S8 a (- 10,30) e -8,45 m nel sondaggio 15**, anche se nello studio geologico a firma del dott. G. Anselmo (2013) si afferma che il livello piezometrico è stato riscontrato a -5m dal p.c. in prossimità del padiglione 7, anche se dalla lettura della relazione non si evince da quale indagine o studio è stato accertato questo dato né le colonne stratigrafiche dei sondaggi indicati rilevano questa informazione.



Sezione geologica schematica in corrispondenza del Pad. n° 1

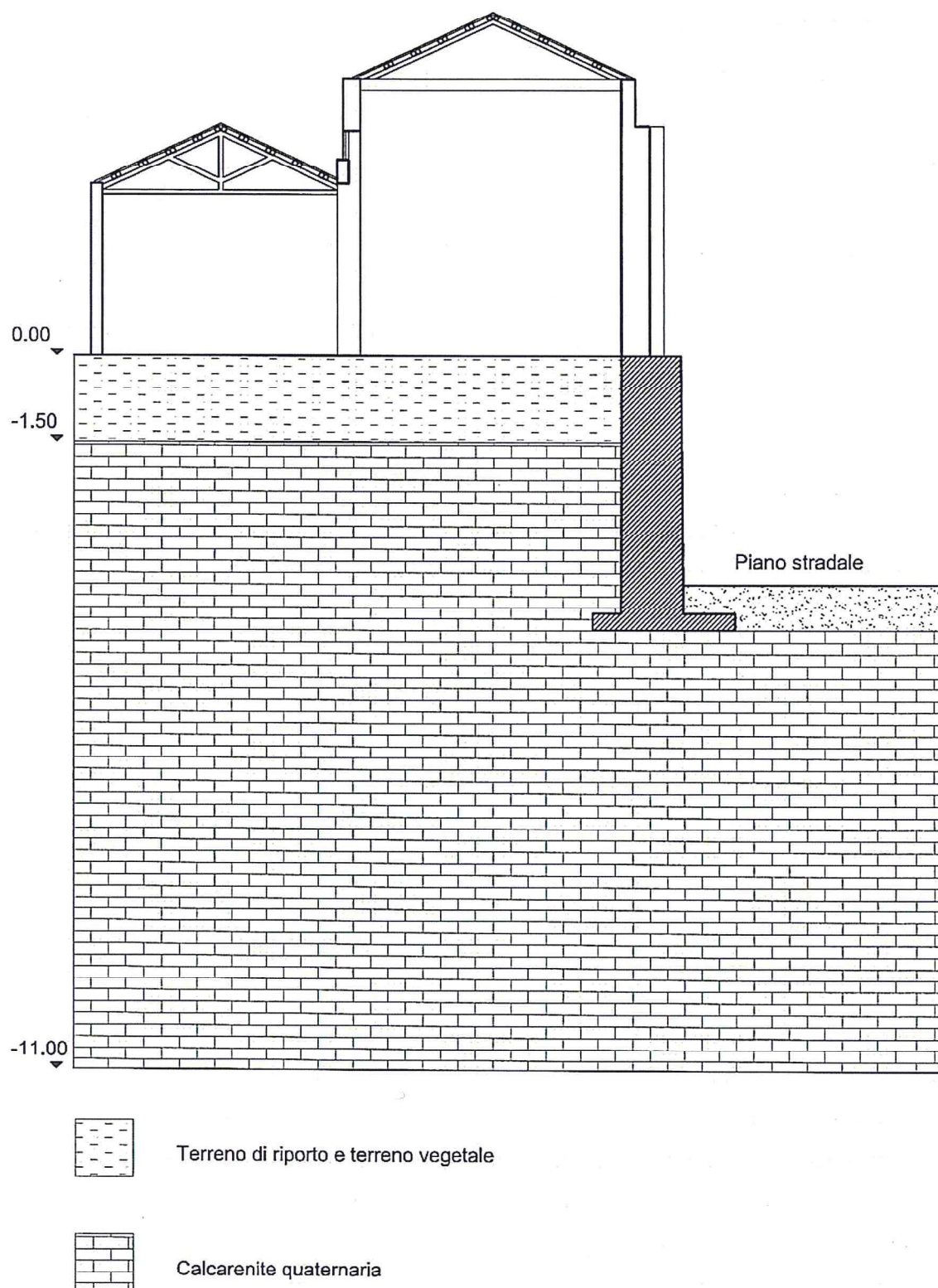


Fig. 5

5. RISULTATI DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITU

5.1- Pozzetto stratigrafico

Con la finalità di verificare la sequenza litostratigrafica presente nell'immediato sottosuolo e poter identificare la litologia più idonea dal punto di vista geomeccanico, dove attestare il piano di fondazione, si è ricorsi ad verifica in situ mediante escavazione di un pozzetto stratigrafico.

In particolare Il giorno 19 gennaio 2016, alle ore 8,30 presso il padiglione 1 è stato eseguito lo scavo, concordato anche con funzionari della Sez. Archeologica della Soprintendenza BB.CC.AA. di Palermo, nella persona della Dott.ssa Giuseppina Battaglia, a cui hanno partecipato l'Arch. Calogero Di Stefano dell'Ufficio Città Storica ed il Geom. Chifari del COIME.

Il pozzetto è stato eseguito, all'interno del padiglione in corrispondenza del nono pilastro dall'ingresso carraio e quarto da nord ovest, con l'uso di un mezzo meccanico (tipo bobcat) su una impronta in pianta di dimensioni cm 330 x 250, ed una profondità massima di 1,50m. Nella fig. 6 è riportata la stratigrafia schematica, in particolare del pozzetto (P4).

Lo scavo ha intercettato, a partire dal piano campagna, uno spessore di circa 5cm di pavimento in battuto di cemento, al disotto del quale è presente uno strato di drenaggio o vespaio costituito da breccia di calcare, i cui elementi hanno in media una dimensione di circa cm 20. Alla base di questo drenaggio è stato rinvenuto uno strato di terra, probabilmente di riporto di circa 15 cm ed un piccolo strato di bruciato di cm 5. Sin qui i depositi sopradescritti si possono classificare come terreni di riporto.

Inferiormente si riscontrano i depositi in posto costituiti inizialmente da uno strato di terreno vegetale contenente cocci di età medievali fino a recenti (anni 30 circa), frammisto a terre rosse per complessivi cm 100 circa.

Nell'ambito di questo strato di terra rossa alla quota di – cm 120 circa, sono stati intercettati alcuni blocchi di calcarenite, molto probabilmente si tratta di trovanti intercalati ed isolati all'interno del deposito. Alla base dello scavo ad una profondità di circa 1,50m è stata intercettata la formazione quaternaria rappresentata con delle calcareniti e calciruditi di colore giallastro dalla consistenza tenace e ben cementate.

Ai fini applicativi per quanto riguarda la scelta del piano di imposta delle fondazioni , lo scrivente suggerisce di attestare eventuali fondazioni su questo orizzonte calcarenitico, viste anche le scarse caratteristiche meccaniche dei depositi posti superiormente.

5.2 - Calcolo del V_{s30} e scelta della categoria di sottosuolo

Considerato che nell'ambito dello studio geologico relativi agli "Interventi urgenti di messa in sicurezza ed il miglioramento statico del Padiglione 7 ai Cantieri Culturali alla Zisa" condotto dal dott. Giacomo Anselmo (Luglio 2013), sono stati effettuati dei rilievi di tomografia sismica, finalizzati allo studio della risposta sismica locale, ed accertato che le indagini sono state eseguite all'interno di uno dei padiglioni a poca distanza dal padiglione 1, lo scrivente ha ritenuto idonei i dati provenienti da questa campagna di indagini ed utilizzabili ai fini della caratterizzazione sismica del sottosuolo, del presente lavoro.

Ad ogni buon fine si allega copia della relazione sismica a firma del dott. G. Anselmo (v. all. 2).

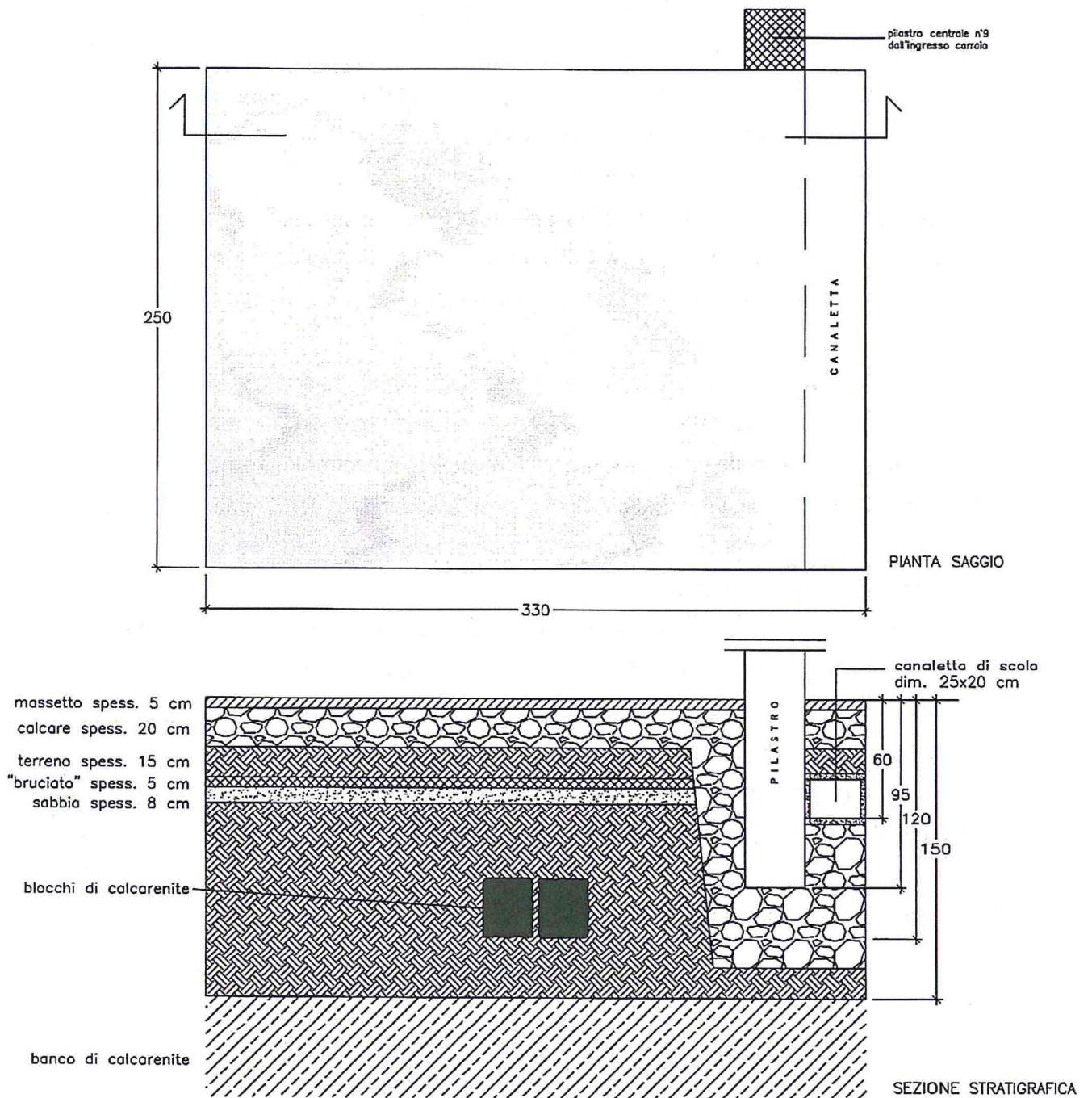
In particolare è stata utilizzata la metodologia della "sismica passiva" HVSR a stazione singola, per determinare la velocità delle onde di taglio (v_s) dei terreni presenti.

Nella fattispecie sono state eseguite n° 2 misure di microtremore ambientale, T1 e T2 mediante tomografo digitale; dalla relazione si evince che sono stati individuati n°6 sismostrati relativi ai primi 30m di profondità con velocità delle onde trasversali in entrambi i sondaggi, variabili da 160 m/s ai 510 m/s.

In entrambi i sondaggi sismici, anche se i valori del V_{s30} differiscono di poco:

T1 $V_{s30} = 411$ m/s e nel T2 $V_{s30} = 404$ m/s,

entrambi i valori fanno rientrare i terreni attraversati nella: **categoria di suolo di tipo "B"** **in quanto roccia semicoerente, omogenea con presenza di orizzonti meno compatti ed omogenei con diverso grado di addensamento e cementazione, le cui proprietà meccaniche migliorano con la profondità ed i valori di velocità delle onde di taglio V_{s30} generalmente sono compresi tra i 360 e 800 m/s,** compatibile con la presenza della formazione calcarenitica quaternaria.



SAGGIO CONOSCITIVO PADIGLIONE 1
CANTIERI CULTURALI ALLA ZISA

Stratigrafia del pozzetto (P4)

Fig. 6

6. CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI TERRENI

A completamento della fase conoscitiva delle caratteristiche geologiche/geotecniche del sito in cui si prevede di realizzare le opere, ai fini della caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni presenti nel sottosuolo del **Padiglione 1**, lo scrivente ha fatto ricorso ai dati provenienti dalle prove di laboratorio eseguiti su terreni della stessa formazione e prelevati a pochi metri di distanza dal sito in questione.

In particolare i dati si riferiscono a campioni prelevati nel padiglione n°18 adiacente al padiglione 1 e sottoposti a prove di carico assiale applicando il carico parallelamente all'asse, su provini di forma prismatica, nell'ambito dello studio geologico a firma del dott. P. Martines, relativi ai: **“Lavori di messa in sicurezza e di consolidamento per il miglioramento sismico dei Cantieri Culturali della Zisa – Padiglioni: 3-12-18 - Comune di Palermo – Settore Centro storico - Febbraio 2005.”**

A riguardo sono stati prelevati nel padiglione 18 n° 3 campioni relativi alla formazione calcarenitica, descritti come calciruditi più o meno cementate, che sono stati successivamente sottoposti alle suddette prove eseguite dalla ditta Metros.r.l. nel dicembre 2004.

Dai valori dell'Indice di carico puntuale Standard $Is_{(50)}$ ricavati dalle prove, e dai valori di resistenza a compressione uniassiale σ_r , sono stati ricavati i seguenti parametri geomeccanici riferiti alla **formazione calcarenitica quaternaria che rappresenta il substrato su cui poggiare le strutture di fondazione:**

coesione

$$c' = 0,5 \text{ Kg/cm}^2$$

angolo di attrito interno

$$\phi = 32^\circ - 35^\circ$$

peso dell'unità di volume

$$\gamma = 1,9 \text{ Kg/m}^3$$

E' bene precisare che i risultati della sperimentazione su questi terreni, indicano che i valori di resistenza sono influenzati dal grado di saturazione S e più precisamente, quando la roccia è satura si registra un decadimento della resistenza di circa il 40%.

Pertanto in fase esecutiva degli interventi devono essere previste tutte quelle opere di smaltimento ed allontanamento delle acque tali da impedire qualsiasi forma di infiltrazione d'acqua sul piano di fondazione.

7. - CONCLUSIONI E CONSIDERAZIONI SULLA TIPOLOGIA DELLE FONDAZIONI

I dati e gli elementi emersi in questa fase di studio, in parte provenienti da indagini pregresse, hanno permesso di ottenere un quadro sufficientemente chiaro delle locali condizioni di assetto litostratigrafico e geomorfologico dell'area più direttamente interessata dalle opere.

Le verifiche effettuate in situ, mediante scavo di pozzetti stratigrafici, hanno permesso di evidenziare il piano di imposta delle fondazioni che deve essere situato in corrispondenza del top della formazione calcarenitica, che mediamente si attesta a circa 1,30-1,50m dal p.c..

In fase progettuale sono assolutamente necessarie l'osservanza delle seguenti prescrizioni:

- è prioritario, ancor prima di eseguire le opere, realizzare tutti quegli interventi di allacciamento ed allontanamento/deviazione di tubature, grondaie e quant'altro occorra per evitare qualsiasi forma di interferenza delle acque con il piano di fondazione delle opere, che andrebbero a ridurre ancor più i valori delle proprietà meccaniche dei terreni.
- lo scavo di sbancamento deve necessariamente raggiungere il tetto della formazione calcarenitica, previa rimozione della porzione di alterazione, approfondendo se necessario sino a raggiungere la formazione integra ;

I binari degli archivi mobili dovranno essere posizionati, in corrispondenza delle travi rovesce che a loro volta saranno collegate ai pilastri esistenti, mediante platea armata opportunamente dimensionata per supportare i relativi carichi.

La configurazione stratigrafica dei terreni più direttamente interessati dalle opere di fondazione, risulta costituita da un basamento lapideo di natura calcarenitica appartenente alla nota formazione quaternaria, che possiede nel complesso delle buone caratteristiche meccaniche.

La formazione calcarenitica quaternaria è rappresentata da calciruditi e calcareniti mediamente cementate, in parte vacuolare il cui top è stato raggiunto ad una profondità massima di 1,50 e ricoperta da un deposito di copertura, costituita da terreni detritici frammisti a terreno vegetale, poco addensati e dotati nel complesso di scarse caratteristiche meccaniche.

Dal punto di vista geomorfologico l'area ricade all'interno di un'area sub-pianeggiante, con caratteristiche tipiche della vasta piana di Palermo, dove non sono state riscontrate morfologie superficiali riconducibili a movimenti in atto o potenziali che potrebbero precludere alla stabilità delle opere in progetto.

Tale stabilità è possibile estenderla anche nel sottosuolo considerato che sono escluse quelle condizioni che potenzialmente potrebbero innescare fenomeni di cedimenti del suolo o risalita del livello piezometrico che potrebbe modificare le condizioni di stabilità del piano di fondazione, ne tanto meno rischi legati a fenomeni di liquefazione.

L'analisi dello spettro di risposta sismica locale, indica un V_{s30} finale compreso tra i 404 e 411 m/s, che ai fini della classificazione secondo il D.M. 14/01/2008, fa rientrare i terreni appartenenti al complesso delle calcareniti quaternarie, nella categoria di suolo di tipo "B"

Il Funzionario Geologo
Dott. Aldo Carmelo Pisano



Bibliografia consultata

- **Dr. Giacomo Anselmo – Relazione Geologico-Tecnica per “Interventi urgenti di messa in sicurezza ed il miglioramento statico del Padiglione 7 ai Cantieri Culturali alla Zisa – Comune di Palermo – Ufficio Città Storica - Luglio 2013**
- **Dr. Paolo Martines – Relazione Geologica per “Lavori di messa in sicurezza e di consolidamento per il miglioramento sismico dei Cantieri Culturali della Zisa – Padiglioni: 3-12-18 - Comune di Palermo – Settore Centro storico - Febbraio 2005**
- **Dr. Paolo Martines – Relazione Geologica per “Lavori di messa in sicurezza e di consolidamento per il miglioramento sismico dei Cantieri Culturali della Zisa – Padiglioni: 10-11-13 - Comune di Palermo – Settore Centro storico - Febbraio 2005**
- **Dr. Vincenzo Giambruno – Relazione Geologica per “Interventi urgenti per la messa in sicurezza ed il miglioramento statico del padiglione 7 ai Cantieri Culturali della Zisa – Comune di Palermo - Dicembre 2003**

ALLEGATO 1
STRATIGRAFIA DEI SONDAGGI ACQUISITI

Progetto padiglioni - Cantieri Culturali alla Zisa

N. sondaggio S1

Num. Rif.

Località Palermo

Ditta esecutrice



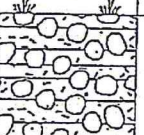
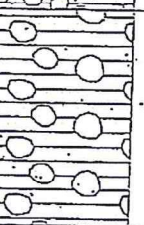
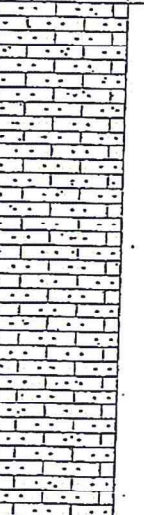
Geologo Giuseppe Vinti

Coord.

Quota (p.c.)

Metodo perf. sondaggio a pozzo

Data 16/06/2000

Scala 1:50		Quota	Profondità	Potenza	Sigla	Stratigrafia	Descrizione	Campioni	Falda
1			0.50	0.50	TR		Terreno di riporto eterogeneo		
2			1.50	1.50	TV		Terra rosse residuali		
3			2.00	0.90	Cc		Calcarenite nodulare concrezionata a spigoli arrotondati, costituita da sabbie grigie cementate e blocchi di qualche decimetro, immersa in una sabbia carbonatica di colore marrone poco umida		
4			2.90	1.50	C		Calcarenite nodulare concrezionata cavernosa, costituita da sabbie carbonatiche grigie, immersa in una matrice sabbiosa sciolta satura.		
5			4.40				Calcarenite tenace ad elevata consistenza, di colore biancastro, cavabile con il martellone pneumatico.		
6				3.60	Co/C				
7									
8			8.00						

Cg

Progetto padiglioni - Cantieri Culturali alla Zisa

Diitta esecutiva

N. sondaggio S2

Coord.

Località Palermo

Metodo perf. sondaggio a pozzo

Geologo Giuseppe Vinti

Quota (p.c.)

Data 16/06/2000

Scala 1:50	Quota	Profondità	Potenza	Sigla	Stratigrafia	Descrizione	Campioni	Falda
1		1.60		TR		Terreno di riporto eterogeneo costituito da calcarenite cementata con fossili bivalvi in matrice sabbiosa gialla.		
2	-1.60	1.30		TV		Terre vegetali e terre rosse.		
3	-2.90							
4								
5								
6		6.10		C		Calcarenite tenace ed elevata consistenza, di colore biancastro, cavabile con il martellone pneumatico.		
7								
8	-8.00							

Eg

Progetto padiglioni - Cantieri Culturali alla Zisa	N. sondaggio.S3
Num. Rif.	Località Palermo
Ditta esecutrice	Geologo Giuseppe Vinti
Coord.	Quota (p.c.)
Metodo per. sondaggio a pozzo	Data 16/06/2000

Scala 1:50	Quota	Profondita'	Potenza	Sigla	Stratigrafia	Descrizione	Campioni	Falda
1						Argilla satura con sabbia, argilla consistente.		
2			4.10	FN				
3								
4		4.10						

ey

Progetto padiglioni - Cantieri Culturali alla Zisa	N. sondaggio S4
Num. Rif.	Località Palermo
Ditta esecutrice	Geologo Giuseppe Vinti
Coord.	Quota (p.c.)
Metodo perf. sondaggio - pozzo	Data 16/06/2000

Scala 1:50	Quota	Profondità	Potenza	Sigla	Stratigrafia	Descrizione	Campioni	Falda
1			2.00			Argilla satura con sabbia e argilla con sabbia fine.		
2		2.00		FN				
3								
4								

27

Progetto padiglioni - Cantieri Culturali alla Zisa

N. sondaggio S5.

Nunt. Rif.

Località Palermo

Ditta esecutrice

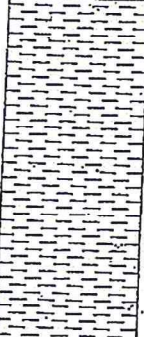
Geologo Giuseppe Vinti

Coord.

Quota (p.c.)

Metodo per. sondaggio a pozzo

Data 16/06/2000

Scala 1:50		Quota	Profondità	Potenza	Sigla	Stratigrafia	Descrizione	Campioni	Falda
1				2.40	FN		Argilla satura con sabbia e argilla consistente.		
2			2.40						

g

Progetto padiglioni - Cantieri Culturali alla Zisa

N. sondaggio S6

Num. Rif.

Località Palermo

Ditta esecutrice

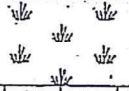
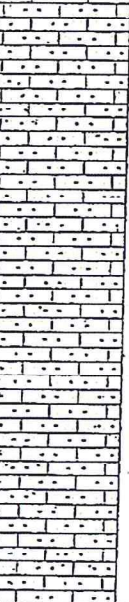
Geologo Giuseppe Vinti

Coord.

Quota (p.c.)


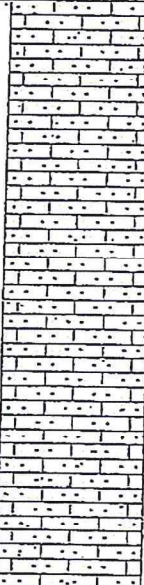
Metodo perf. sondaggio a pozzo

Data 16/06/2000

Scala 1:50	Quota	Profondità	Potenza	Sigla	Stratigrafia	Descrizione	Campioni	Falda
1	-60	0.60	0.50	TV		Terreno di riporto eterogeneo costituito da calcarenite cementata con fossili bivalvi in matrice sabbiosa gialla.		
2						Calcarenite, tenace ad elevata consistenza, di colore biancastro.		
3			4.40	C				
4								
5	-5.00	5.00						

Cy

Progetto padiglioni - Cantieri Culturali alla Zisa	N. sondaggio S7
Num. Rif.	Località Palermo
Vita esecutrice	Geologo Giuseppe Vinti
Coord.	Quota (p.c.)
Metodo perf. sondaggio a pozzo	Data 16/06/2000

Scala 1:50		Quota	Profondità	Potenza	Sigla	Stratigrafia	Descrizione	Campioni	Falda
1		-80	0.80	0.80	TV		Terreno di riporto eterogeneo costituito da calcarenite cementata con fossili bivalvi in matrice sabbiosa gialla.		
2							Calcarenite tenace ad elevata consistenza, di colore biancastro.		
3				4.20	C				
4									
5		-5.00	5.00						

9

STUDI GEOLOGICI PRECEDENTI NELL'AREA

Progetto: Progetto emissario della zona sud-ovest città Palermo
 Committente: COMUNE DI PALERMO
 Località: P.zza Principe di Campo Reale

Sondaggio: 8
 Quota (m s.l.m.): 42,00
 Data:

Profondità	Sim	Descrizione dei terreni	Complesso litologico	Campioni	Livello falda
0,80		Terreno di riporto	Co		
		Calcareni giallastre con intercalazioni di livelli sabbiosi	K+S		
11,00		Argille siltose e sabbie argillose con intercalazioni di livelli quarzarenitici. Da 25,00 a 28,00 Argille mamose a struttura scagliosa. Flysch Numidico	FN		10,30
28,00		Calcani selciferi rossastri	Ca		
30,00		Fondo foro			

Q. P.

STUDI GEOLOGICI PRECEDENTI NELL'AREA

Progetto: Piano regolatore generale città di Palermo
 Committente: COMUNE DI PALERMO
 Località: P.zza Zisa

Sondaggio: 15-BH30
 Quota (m s.l.m.): 40,50
 Data: 16/4/99

Profondità	Simb.	Descrizione dei terreni	Complesso litologico	Campioni	Livello falda
1,30		Terreno di riporto	Co		
7,40		Biocalcareni calcinudici teneri, strati nodulare discontinuo, variamente cementate	K		
9,50		Sabbie fini di colore ocra con rari noduli arenacei ben addensate	S		8,45
10,00		Biocalcareni giallastre a grana fine, cariate	K		
10,20		Conglomerato trasgressivo a ciottoli in pasta argillosa	Cg		
30,00		Argille dure ilyschioidi, brecciate, a tratti lapidee, asciutte, consistenti, compatte	FN		
30,00		Fondo foro			

9/10/99

ALLEGATO 2

*TOMOGRAFIA SISMICA
CALCOLO DEL VS30*

*(Estratto da: INTEVENTI URGENTI PER LA MESSA IN SICUREZZA ED IL MIGLIORAMENTO
STATICO DEL PADIGLIONE 7 AI CANTIERI CULTURALI DELLA ZISA)
(Relazione geologica a firma del dott. G. Anselmo)*

LUGLIO 2013



COMUNE DI PALERMO

**INTERVENTI URGENTI PER LA MESSA IN SICUREZZA ED IL MIGLIORAMENTO
STATICO DEL PADIGLIONE 7 AI CANTIERI CULTURALI ALLA ZISA**

Committente: COMUNE DI PALERMO - Ufficio Città Storica

RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA

Luglio 2013

**Il Geologo
Dr. Giacomo Anselmo**

Azienda Certificata con SGQ RINA
ISO 9001: 2008
Numero: 19305/09/S

4. INDAGINI UTILIZZATE

Il presente lavoro si avvale dei dati di dati forniti dall'Amministrazione Comunale di Palermo ed in particolare n. 9 sondaggi geognostici a carotaggio continuo denominati S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8 ed S15 le cui colonne stratigrafiche sono visibili in allegato e di n. 2 indagine di sismica passiva a stazione singola effettuata dal sottoscritto all'interno dell'area direttamente interessata dal progetto.

4.1 INDAGINI DI SISMICA PASSIVA A STAZIONE SINGOLA - TROMOGRAFIA

Allo scopo di determinare le velocità delle onde di taglio (V_s) dei terreni presenti, si è ritenuto necessario l'utilizzo della tecnica di sismica passiva a stazione singola HVSR.

In particolare sono state eseguite n. 2 misure di microtremore ambientale, con un tromografo digitale progettato specificatamente per l'acquisizione del rumore sismico.

Di seguito vengono riportati alcuni cenni riguardo la metodologia utilizzata.

La sismica passiva è una tecnica che permette di definire la serie stratigrafica locale basandosi sul concetto di contrasto di impedenza dove per strato si intende un'unità distinta in relazione al rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso.

I primi studi su questa tecnica sono da attribuire a Kanai (1957) e da allora diversi metodi sono stati proposti per estrarre utili informazioni sul sottosuolo a partire dagli spettri del rumore sismico registrati in sito.

Teoricamente questo effetto è sommabile cosicché la curva HVSR mostra, come massimi relativi, le frequenze di risonanza dei vari strati.

Questo dato, insieme alla stima delle velocità, è in grado di fornire utili previsioni sullo spessore H degli strati.

Questa informazione è contenuta principalmente nella componente verticale del moto ma la prassi di usare il rapporto tra gli spettri orizzontali e quello verticale, piuttosto che il solo spettro verticale, deriva dal fatto che il rapporto fornisce un'importante normalizzazione del segnale per:

- ❖ il contenuto in frequenza;
- ❖ la risposta strumentale;
- ❖ l'ampiezza del segnale quando le registrazioni vengono effettuate in momenti con rumore di fondo più o meno alto.

La normalizzazione, che rende più semplice l'interpretazione del segnale, è alla base della popolarità del metodo.

Da evidenziare, inoltre, che i microtremori sono costituiti da onde di volume, P o S , ed in misura maggiore da onde superficiali, in particolare da onde di Rayleigh.

Tale inconveniente è facilmente superabile sia perché le onde di superficie sono prodotte da interferenza costruttiva, sia perché la velocità dell'onda di Rayleigh è molto prossima a quella delle onde S .

D'altro canto l'applicabilità pratica della formula [2] è stata già dimostrata in molti studi sia nell'ambito della prospezione geofisica che nell'ambito ingegneristico.

La strumentazione utilizzata per l'acquisizione dei dati sperimentali, consiste in un tromografo digitale denominato "Tromino", dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente alimentato da 2 batterie AA da 1.5 V, fornito di GPS interno e senza cavi

esterni. I dati di rumore, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono stati acquisiti alla frequenza di campionamento di 128 Hz.

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

- le curve HVSR che sono state ottenute col 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 formula sotto riportata, in cui:

- V_0 è la velocità al tetto dello strato;
- a un fattore che dipende dalle caratteristiche del sedimento (granulometria, coesione, ecc.);
- ν la frequenza fondamentale di risonanza.

$$H = \left[\frac{V_0(1-a)}{4\nu} + 1 \right]^{\frac{1}{1-a}} - 1$$

Le ubicazioni dei sondaggi eseguiti sono visibili nella planimetria allegata. Di seguito sono riportate, in dettaglio, le interpretazioni dei dati sperimentali ottenuti.

esterni. I dati di rumore, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono stati acquisiti alla frequenza di campionamento di 128 Hz.

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

- le curve HVSR che sono state ottenute col 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 formula sotto riportata, in cui:

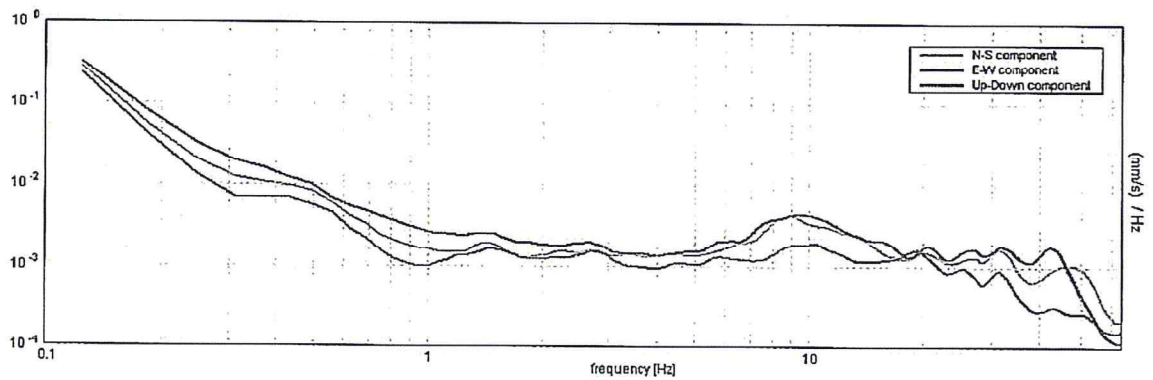
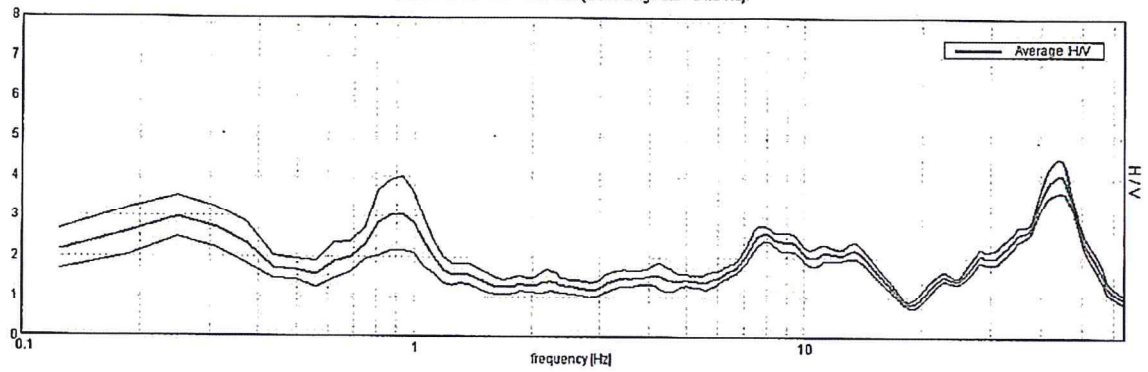
- V_0 è la velocità al tetto dello strato;
- a un fattore che dipende dalle caratteristiche del sedimento (granulometria, coesione, ecc.);
- ν la frequenza fondamentale di risonanza.

$$H = \left[\frac{V_0(1-a)}{4\nu} + 1 \right]^{\frac{1}{1-a}} - 1$$

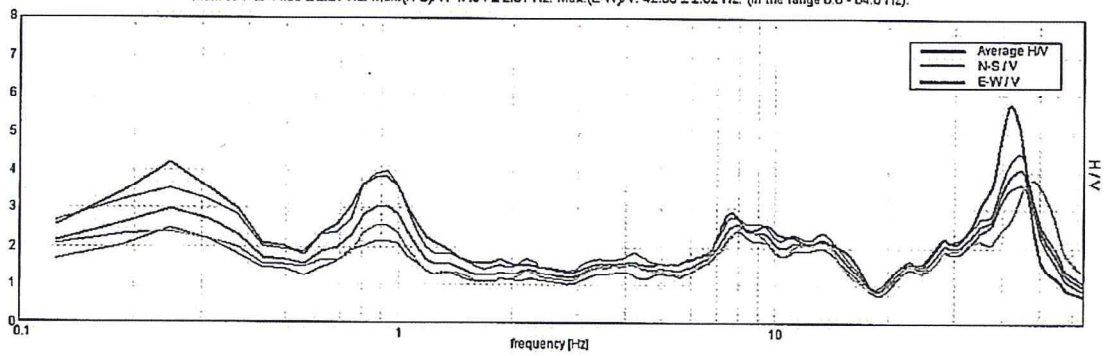
Le ubicazioni dei sondaggi eseguiti sono visibili nella planimetria allegata. Di seguito sono riportate, in dettaglio, le interpretazioni dei dati sperimentali ottenuti.

Sondaggio tromografico T1

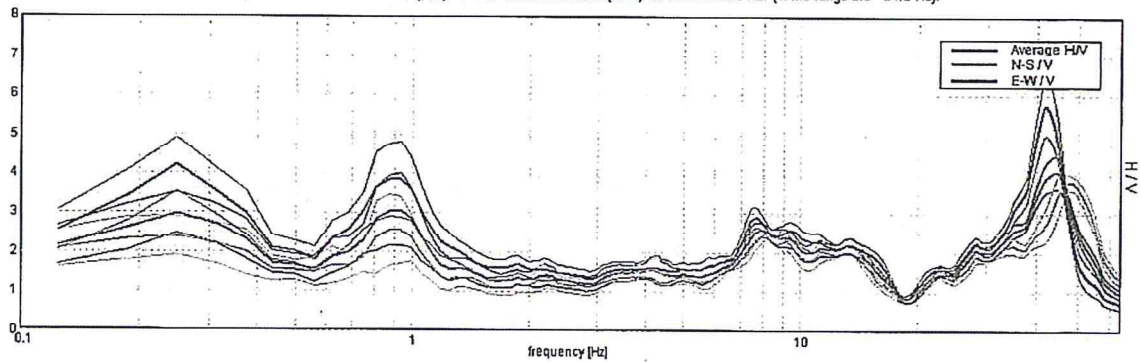
Max. H/V at 44.38 ± 2.21 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



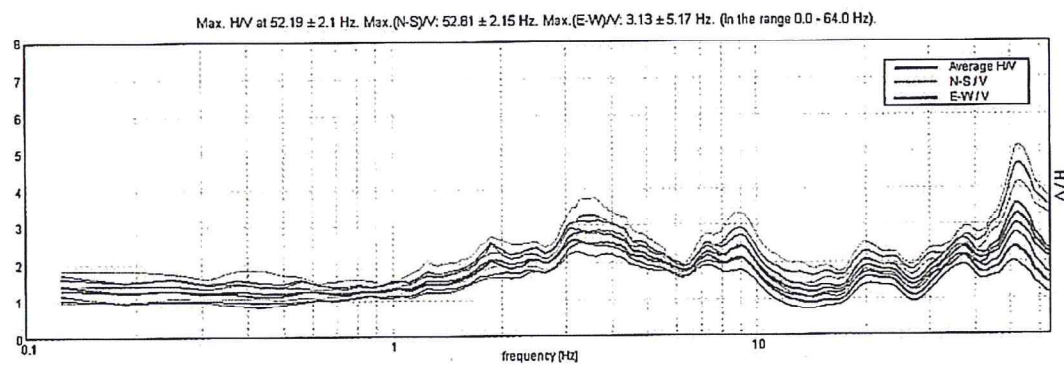
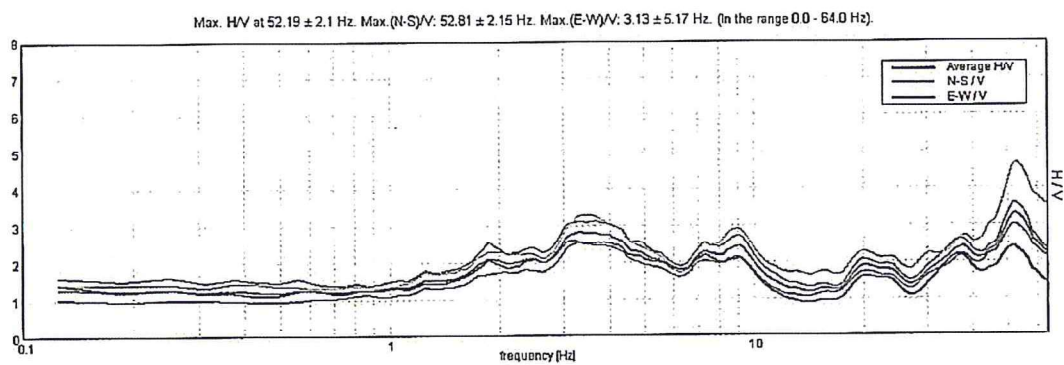
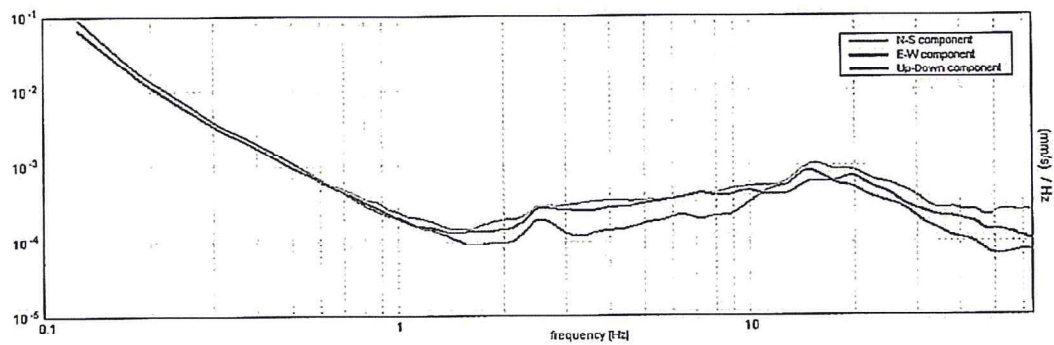
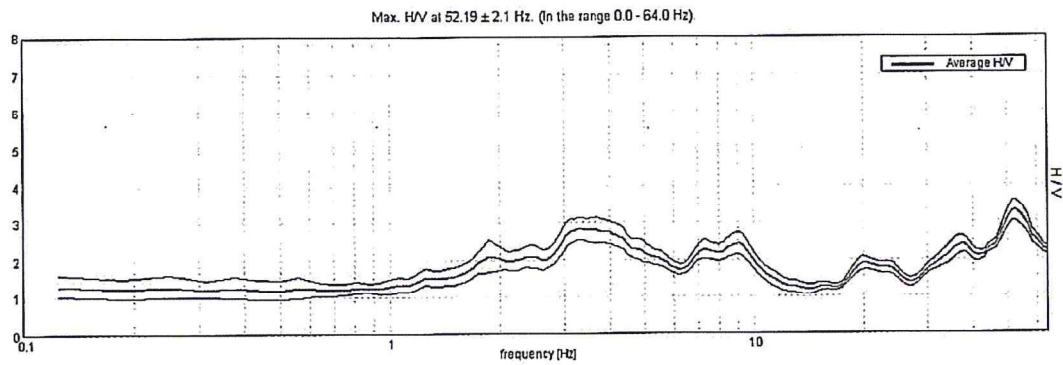
Max. H/V at 44.38 ± 2.21 Hz. Max. (N-S)/V: 47.94 ± 2.31 Hz. Max. (E-W)/V: 42.06 ± 2.62 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



Max. H/V at 44.38 ± 2.21 Hz. Max. (N-S)/V: 47.94 ± 2.31 Hz. Max. (E-W)/V: 42.06 ± 2.62 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



Sondaggio tromografico T2



STIMA DELLE VELOCITA' DELLE ONDE S

I dati sperimentali ricavati dalle indagini di sismica passiva a stazione singola permettono di ricavare una stima delle velocità delle onde di taglio V_s .

In generale, la frequenza di risonanza delle onde S che viaggiano all'interno di uno strato è legata al tempo di tragitto delle onde S nello strato stesso dalla relazione:

$$f_r = \frac{1}{4T_H}$$

Dove T_H è il tempo di tragitto dall'interfaccia risonante e f_r è la frequenza di risonanza.

A partire dalla formula precedente e conoscendo la profondità h dell'interfaccia risonante è definibile la velocità media delle onde S nella struttura risonante

$$V = \frac{H}{T_H}$$

e

$$f_r = \frac{1}{4T_H}$$

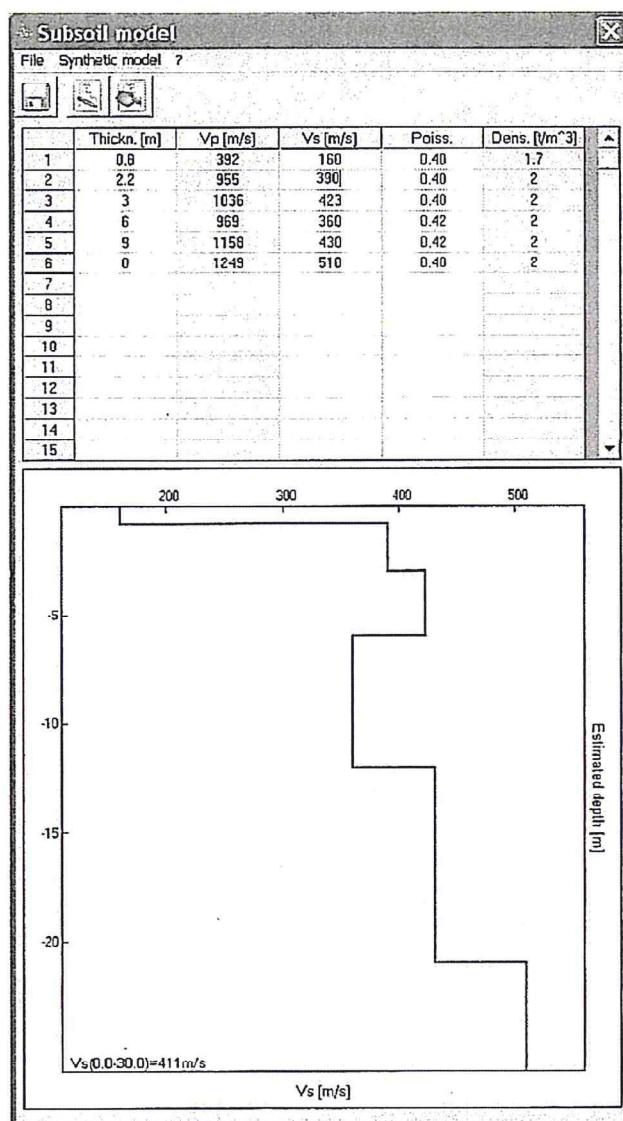
da cui si ricava

$$V = 4 f_r h$$

Nelle tabelle seguenti sono riportati i valori delle velocità delle onde trasversali per i primi 30 m di profondità dal piano compagna, registrate durante l'esecuzione del sondaggio.

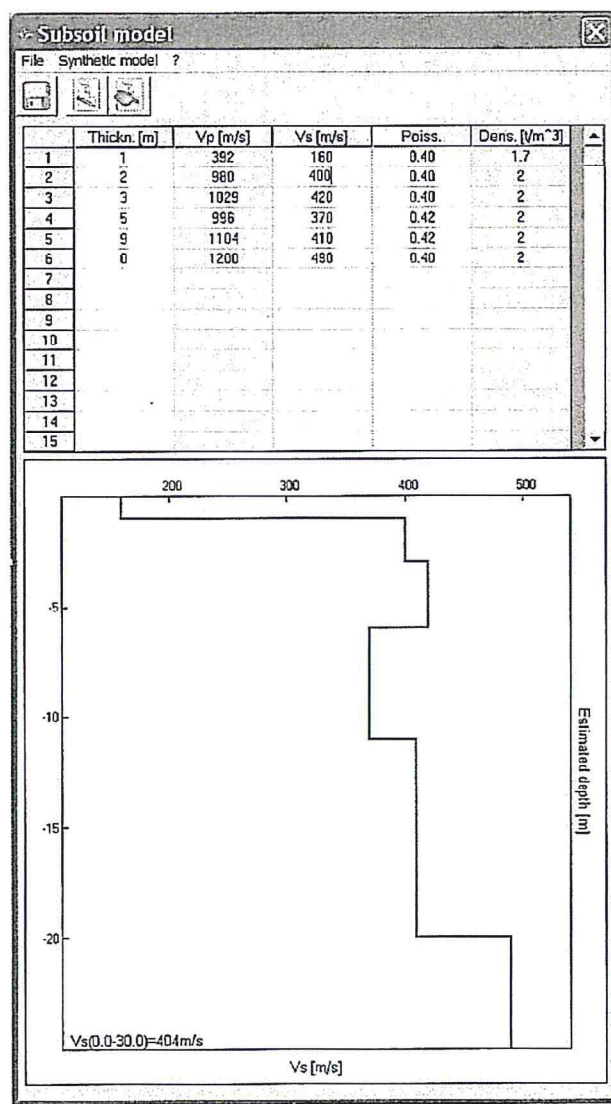
Sondaggio tomografico T1

0.00 – 0.80	160	C	B (Vs30=411 m/s)
0.80 – 3.00	390	B	
3.00 -6.00	423	B	
6.00-12.00	360	C	
12.00-21.00	430	B	
21.00-30.00	510	B	



Sondaggio tomografico T2

0.00-1.00	160	C	B (Vs30=404 m/s)
1.00 – 3.00	400	B	
3.00 -6.00	420	B	
6.00-11.00	370	B	
11.00-20.00	410	B	
20.00-30.00	490	B	



ALLEGATO 3

RISULTATI DELLE PROVE DI LABORATORIO

*(Estratto da: LAVORI PER LA MESSA IN SICUREZZA E DI CONSOLIDAMENTO PER IL
MIGLIORAMENTO SISMICO DEI CANTIERI CULTURALI DELLA ZISA- PADIGLIONI 3-12-18)
(Relazione geologica a firma del dott. P. Martines)*

Febbraio 2005

**PROVE DI LABORATORIO
SU CAMPIONI DI ROCCIA**

Ente Appaltante Comune di Palermo

Richiedente Geol. Paolo Martines

Lavoro Miglioramento sismico dei Cantieri Culturali Zisa nel Comune di
Palermo, padiglioni 3, 12 e 18

Lettera di incarico Palermo, 1/12/2004

Il presente elaborato è composto da 3 fogli numerati da 1 a 3.

Palermo, 22 dicembre 2004

Il Direttore del Laboratorio

Ing. Vincenzo Canzoneri



Rif. verbale di accettazione 071/2004

COMUNE DI PALERMO

Miglioramento sismico dei Cantieri Culturali Zisa - padiglioni 3, 12 e 18

Prove di laboratorio

Nel presente elaborato si riportano i risultati delle prove di laboratorio effettuate su 5 campioni di roccia prelevati nel corso delle indagini per il miglioramento sismico dei Cantieri Culturali Zisa nel Comune di Palermo, padiglioni 3, 12 e 18.

Le prove sono state effettuate su incarico del Geol. Paolo Martines.

I campioni, pervenuti in laboratorio il giorno 1 dicembre 2004, sono stati descritti singolarmente, specificando il colore, la grana, la porosità, il grado di cementazione e l'eventuale presenza di alterazioni.

Sondaggio	Campione	Descrizione
Pad. 3 navata	C1	Calcirudite di colore giallastro, a grana medio-grossa, fossilifera, vacuolare, con cavità riempite di terreno residuale marrone.
Pad. 3 navata	C2	Calcirudite di colore giallastro, a grana medio-grossa, ben cementata. Dopo la rottura si evidenzia terreno residuale all'interno del campione.
Pad. 12	S1/C1	Calcarenite a grana medio-fina, di colore giallastro, debolmente cementata, fossilifera, a tratti vacuolare.
Pad. 18	S1/C1	Calcirudite di colore giallastro, a grana medio-grossa, fossilifera, vacuolare, con cavità riempite di terreno residuale marrone.
Pad. 18	S2/C1	Calcarenite a grana medio-fina, di colore giallastro, debolmente cementata, fossilifera, a tratti vacuolare.

Per la determinazione delle caratteristiche di resistenza sono state effettuate 10 prove di carico puntuale per mezzo di una macchina universale GALDABINI PMA 60, matricola n. 33201, di portata 600 kN, classe 1. La verifica semestrale di taratura è stata eseguita dal Dipartimento di Ingegneria Strutturale e Geotecnica dell'Università di Palermo il 25/11/2004.

Sono state effettuate prove *assiali* applicando il carico parallelamente all'asse, su provini di forma prismatica, con D e 2L rispettivamente altezza media e diametro medio.

Nel modulo allegato, oltre ai valori delle grandezze geometriche e del carico di rottura P, si riportano il diametro equivalente D_e , l'indice di carico puntuale I_s , il fattore di correzione di forma F e l'indice di carico puntuale standard $I_{s(50)}$.

Palermo, 22 dicembre 2004

Il Direttore del Laboratorio

Ing. Vincenzo Canzoneri



Rif. verbale di accettazione 071/2004

verbale di accettazione 071/2004

chiedente Geol. Paolo Martines

oro Miglioramento sismico dei Cantieri Culturali Zisa, padiglioni 3, 12 e 18.

PROVA DI CARICO PUNTUALE ISRM (1985)
PROVA ASSIALE

Data rova	Sondaggio	Campione	2L [mm]	Altezza D [mm]	Carico di rottura P [N]	Diametro equivalente D _e [mm]	Indice di carico puntuale I _s [N/mm ²]	Fattore di correzione F	Indice di carico puntuale standard I _{s(50)} [N/mm ²]
12/04	Pad. 3 navata	C1/A	48	45	1704	52.4	0.620	1.022	0.63
12/04	Pad. 3 navata	C1/B	43	41	1762	47.4	0.785	0.976	0.77
12/04	Pad. 3 navata	C1/C	45	27	1812	39.3	1.171	0.898	1.05
12/04	Pad. 3 navata	C2/A	51	36	9396	48.3	4.019	0.985	3.96
12/04	Pad. 3 navata	C2/B	51	46	6681	54.7	2.237	1.041	2.33
12/04	Pad. 12	S1/C1/A	47	34	255	45.1	0.125	0.955	0.12
12/04	Pad. 12	S1/C1/B	48	37	428	47.6	0.189	0.978	0.19
2/04	Pad. 18	S1/C1	53	35	1770	48.6	0.749	0.987	0.74
2/04	Pad. 18	S2/C1/A	60	36	2826	52.4	1.028	1.022	1.05
2/04	Pad. 18	S2/C1/B	50	38	440	49.2	0.182	0.993	0.18

Provini di forma prismatica

Sperimentatore
alvatore Febo

Il Direttore del laboratorio
Ing. Vincenzo Canzoneri

6. CARATTERIZZAZIONE LITOTECNICA DEL SUBSTRATO

Dal punto di vista litotecnico si tratta di rocce lapidee, cementate e ben addensate, stratificate in livelli e banchi piano paralleli con andamento orizzontale o suborizzontale. La compagine rocciosa nel suo sviluppo verticale e orizzontale risulta generalmente integra, priva di particolari processi di alterazione e/o disgregazione. Tali terreni classificati secondo l'allegato "D" della Circolare Ass. n° 2222/95 rientrano nei sedimenti a grana medio-fine, mediamente cementati E3 a legante calcitico.

Una procedura per valutare i valori della resistenza alla compressione assiale, S_u , su provini di varie forme, nei materiali litoidi, è stata suggerita da I.S.R.M. sulla base degli studi di Broach e Franklin, la resistenza a compressione uniassiale standard viene ricavata secondo la formula: $S_u = 24 \times I_s(50)$.

Le prove di carico puntuale I.S.R.M. hanno fornito valori dell'indice di carico puntuale standard variabili:

Padiglione N. 3

da 3,96 a 0,63 N/mm² (v. prove geotecniche allegata) con un valore medio di 1,74 N/mm², corrispondente ad un valore medio di resistenza a compressione uniassiale σ_r 41,95 N/mm²; *419 Kg/cm²*

Padiglione N. 12

da 0,12 a 0,19 N/mm² con un valore medio di 0,15 N/mm², corrispondente ad un valore medio di resistenza a compressione uniassiale σ_r 3,72 N/mm²; *37 Kg/cm²*

Padiglione N. 18

da 1,05 a 0,18 N/mm² con un valore medio di 0,84 N/mm², corrispondente ad un valore medio di resistenza a compressione uniassiale σ_r 20,23 N/mm². *202,3 Kg/cm²*

Dalla elaborazione di tali dati e sulla base delle indicazioni di manuali specializzati (Guerrin & Lavour et alii) si indicano i seguenti parametri geotecnici (min. e max):

Padiglione 3

Peso specifico: $\gamma = 2100 \div 2300 \text{ Kg/m}^3$;

Angolo di attrito interno: $\varphi = 35^\circ \div 38^\circ$;

Coesione: $c = 0.3 \div 2 \text{ Kg/cm}^2$.

Padiglione 12

Peso specifico: $\gamma = 1900 \div 2000 \text{ Kg/m}^3$;

Angolo di attrito interno: $\varphi = 30^\circ \div 32^\circ$;

Coesione: $c = 0,2 \div 0.5 \text{ Kg/cm}^2$.

Padiglione 18

Peso specifico: $\gamma = 1950 \div 2200 \text{ Kg/m}^3$;

Angolo di attrito interno: $\varphi = 32^\circ \div 35^\circ$;

Coesione: $c = 0,5 \div 2 \text{ Kg/cm}^2$.

