

REGIONE SICILIANA  
COMUNE DI PALERMO

RIGENERAZIONE URBANA DELL'AREA EX "MOLINI VIRGA" IN PIANO SAN'ERASMO  
PROGRAMMA COSTRUTTIVO PER LA TRASFORMAZIONE DEL COMPLESSO IMMOBILIARE  
DENOMINATO EX "MOLINI VIRGA", SITO IN VIA TIRO A SEGNO 24, DA OPIFICIO A  
RESIDENZA, PER LA REALIZZAZIONE DI N°50 ALLOGGI DI EDILIZIA AGEVOLATA  
CONVENZIONATA, AUTORIMESSA COLLETTIVA, CANTINE, BOX AUTO E LOCALI SOCIALI



PROGRAMMA COSTRUTTIVO  
Arch. Anna Donatella Lino



Ing. Mauro Sorrenti



VISTI E/O APPROVAZIONI  
PROGETTO RIELABORATO IN SEDE DI RIESAME DEL  
PROCEDIMENTO DISPOSTO CON ORDINANZA DEL TAR SICILIA -  
PALERMO N. 970 DEL 23.09.2019 (R.R. N. 1718/2019)

CONSULENZA GEOLOGICA  
Dott. Mario Pischedda

COMMITTENTE  
Fiamme Oro Soc. Coop.  
Il Presidente  
Ing. Giuseppe Li Calsi

PROPRIETA'  
Sig. Giovanni Bertolino

OGGETTO:

Relazione geologica

C

Febbraio 2021

## RELAZIONE GEOLOGICA

### Indice

Capitolo I	-	Scopi ed articolazione dello studio
Capitolo II	-	Normativa di riferimento
Capitolo III	-	Inquadramento geografico e geomorfologico
Capitolo IV	-	Caratteri geologici e sedimentologici - ambientali
Capitolo V	-	Lineamenti idrografici ed idrogeologici
Capitolo VI	-	Note sul Piano per l'Assetto Idrogeologico del territorio
Capitolo VII	-	Indagini in situ
Capitolo VIII	-	Pericolosità sismica e geologica
Capitolo IX	-	Successione litostratigrafica
Capitolo X	-	Caratterizzazione fisico - meccanica delle rocce
Capitolo XI	-	Considerazioni conclusive

### Documentazione allegata in calce

- ❖ "Elaborati grafici" in varie
- ❖ scale. "Relazione sismica".

## Capitolo I

### Generalità: scopi ed articolazione dello studio

Nell'ambito della "Rigenerazione urbana dell'area ex "Molini Virga" in Piano Sant'Erasmus - Programma Costruttivo per la trasformazione del complesso immobiliare denominato ex "Molini Virga", sito in Palermo lungo la Via Tiro a Segno n. 24, da opificio a residenza per la realizzazione di n. 50 alloggi di edilizia agevolata convenzionata, autorimessa collettiva e cantine", box auto e locali sociali di proprietà del Signor Giovanni Bertolino", il sottoscritto *Dott. Mario Pischedda*, geologo libero professionista iscritto all'Albo Regionale dei Geologi di Sicilia con il n. 2127, è stato incaricato della redazione del presente studio geologico.

Il lavoro svolto nell'elaborazione della presente relazione geologica ha avuto lo scopo di:

- ✓ Individuare le condizioni geomorfologiche, con particolare riguardo all'accertamento delle condizioni di stabilità della zona ed all'individuazione di eventuali processi morfodinamici in atto e la loro tendenza evolutiva.
- ✓ Delineare gli aspetti geologici e tettonici del territorio indagato e definirne, quindi, la natura e la composizione dei litotipi affioranti, nonché la loro geometria ed il loro assetto strutturale .
- ✓ Ricostruire la locale situazione litostratigrafica.
- ✓ Individuare l'idrografia superficiale e definire la situazione idrogeologica del sottosuolo dato che l'eventuale circolazione idrica nel suo interno comporterebbe maggiori problematiche d'ordine geotecnico.
- ✓ Caratterizzare geo tecnicamente il terreno di fondazione e classificare il suolo di fondazione ai sensi delle "N.C.T./2018" (Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018).

Scopo dell'indagine, in definitiva, è stato quello di identificare le situazioni locali che presentino livelli di pericolosità geomorfologica, geotecnica e sismica tali da poter influenzare, in modo significativo, le scelte degli strumenti urbanistici.

Per assolvere l'incarico conferito, lo scrivente ha eseguito:

- ✓ Il sopralluogo preliminare, al fine di accertare la reale situazione dei luoghi e lo stato delle strutture insediate nella zona.
- ✓ La ricerca bibliografica, allo scopo di ricostruire, sulla base degli studi svolti da numerosi autori italiani e stranieri, il quadro generale della storia geologica e strutturale della zona. Il
- ✓ rilevamento geologico e geomorfologico di dettaglio, in una zona estesa al contorno e



significativa ai fini della presente richiesta di trasformazione del complesso immobiliare denominato ex "Molini Virga", sito in Via Tiro a Segno n. 24 in Palermo, da opificio a residenza, in modo da avere un quadro di insieme indicativo ed inquadrare il sito nell'ambito di un contesto geologico litologico e geomorfologico più ampio.

- ✓ La programmazione, direzione ed esecuzione dei lavori concernenti due (2) indagini geognostiche indirette: due prove sismiche passive con stazione microtremore a stazione singola - HVSR, con tromografo digitale - Tromino, (come da "Relazione sismica" allegata), fatte eseguire dal sottoscritto e con la finalità di conoscere la risposta sismica locale del suolo di fondazione; oltre all'osservazione di una (1) trincea esplorativa lungo la Via Messina Marine al fine di individuare i rapporti geometrici tra successione litologica nel sottosuolo ed opere ed interventi da realizzare.
- ✓ L'acquisizione e l'analisi di dati relativi a studi geognostici e geotecnici effettuati in aree limitrofe, per definire e correlare la successione litostratigrafica nel sottosuolo ed i parametri fisico-meccanici dei terreni.
- ✓ L'osservazione di cartografie e foto aeree di diverse epoche, per potere meglio individuare eventi morfoevolutivi antichi e recenti.

Anche per tal motivo, il suddetto studio è stato effettuato ai sensi della più recente Circolare n. 3 del 20 giugno 2014 (pubblicata nella Gazzetta Ufficiale della Regione Siciliana in data 11 luglio 2014) che abroga e sostituisce la Circolare n. 1 del 14 gennaio 2014 - Prot. 1588 (pubblicata nella Gazzetta Ufficiale della Regione Siciliana in data 31 gennaio 2014), la Circolare del 15 ottobre 2012 - Prot. n. 57027 e la Circolare n. 2222/95 ed entrata in vigore dalla data di pubblicazione nella Gazzetta Ufficiale della Regione Siciliana.

Secondo la suddetta ultima Circolare gli obiettivi degli studi geologici sono finalizzati alla riduzione del rischio sismico e, cita letteralmente, " ..... *devono fornire le informazioni sulle caratteristiche geologiche del territorio utilizzabili in sede di formazione/adequamento degli strumenti urbanistici, ma non possono sostituire gli studi geologici inerenti i singoli progetti di nuova edificazione e di demolizione e ricostruzione e di miglioramento ed adeguamento sismico* " .

A corredo del presente studio sono in calce i seguenti "Elaborati grafici":

- ☐ "Stralcio aerofotogrammetrico" in scala 1 : 2.500.
- ☐ "Stralcio di ortofoto" non in scala.
- ☐ "Stralcio catastale" in scala 1 : 2.000.
- ☐ "Planimetria generale" in scala 1 : 600.
- ☐ "Stralcio topografico" in scala 1 : 25.000.
- ☐ "Carta geologica ed idrogeologica" in scala 1 : 25.000.



- ⌈ "Carta geolitologica e litotecnica" in scala 1 : 1.000.
- ⊞ "Stralci delle carte del P.A.I." in scala 1 : 10.000.
- ⊞ "Carta delle pericolosità geologiche" in scala 1 : 1.000.
- ⊞ "Carta della pericolosità sismica" in scala 1 : 1.000.
- ⌈ "Sezioni geolitologiche" in scala 1 : 200 con "Planimetria sezioni & Legenda" non in scala.

In calce alla presente è allegata, inoltre, la seguente documentazione:

- ✓ Relazione sismica

#### 1.1. - Brevi cenni sulle opere

La presente proposta progettuale riguarda la realizzazione di un Programma Costruttivo in Palermo nell'area ubicata nella storica borgata Sant'Erasmus, con accesso dalla Via Tiro a Segno n. 24, ma anche da Piazza Tonnarazza / Via Ponte di Mare n. 25 attraverso due passi carrabili, occupata dal complesso immobiliare esistente denominato ex "Molini Virga" (la cui ubicazione si può vedere sia dallo "Stralcio aerofotogrammetrico" in scala 1 : 2.500 che dallo "Stralcio di ortofoto" non in scala); di proprietà del Signor Bertolino Giovanni e con il quale la Cooperativa Edilizia "Fiamme Oro" a mutualità prevalente con sede in Palermo, Via Alessio Narbone n. 40, ha stipulato un contratto preliminare di compravendita del manufatto.

Il Programma Costruttivo riguarda il progetto di ristrutturazione edilizia e cambio di destinazione d'uso da opificio a residenza, per la realizzazione di n. 50 alloggi di edilizia agevolata convenzionata, autorimessa collettiva e cantine, box auto e locali sociali dell'ex Pastificio realizzato nel secolo scorso.

Complesso immobiliare identificato al Catasto Fabbricati al Foglio di Mappa n. 64 alla Particella n. 61 - sub 7, come riportato nell'allegato "Stralcio catastale" in scala 1 : 2.000.

Inoltre, parte integrante del Programma Costruttivo per la cessione al Comune sono le aree sempre di proprietà del Signor Bertolino da destinare a standard - estese catastalmente 1.652 mq. ed identificati al Catasto Terreni al Foglio di Mappa n. 64 alle Particelle nn. 82, 99, 727, 1296, 1297 e 1300.

Per quanto non riportato nel presente paragrafo si rimanda alla più dettagliata "Relazione Tecnica " a firma del progettista ed alla "Planimetria generale " in scala 1 : 600 per una visione di insieme delle due aree interessate alla presente redazione.

## Capitolo II

### Normativa di riferimento

- ❖ D.M. LL.PP. del 11 marzo 1988. Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- ❖ D.M. LL.PP. del 14 febbraio 1992. Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- ❖ D.M. 9 gennaio 1996. Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- ❖ D.M. 16 gennaio 1996. Norme Tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi.
- ❖ D.M. 16 gennaio 1996. Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche.
- ❖ Circolare Ministero LL.PP. 15 ottobre 1996 n. 252 AA.GG./S.T.C. Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 gennaio 1996.
- ❖ Circolare Ministero LL.PP. 10 aprile 1997 N. 65/AA.GG. Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 gennaio 1996 .
- ❖ Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20.3.2003. Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.
- ❖ Norme tecniche per le Costruzioni 2018. Norme tecniche per le costruzioni D.M. 17 gennaio 2018.
- ❖ Eurocodice 7. Progettazione geotecnica - Parte 1: Regole generali.
- ❖ Eurocodice 8. Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.
- ❖ P.A.I. "Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico" del "Bacino idrografico del Fiume Nocella ed Area territoriale tra il Fiume Nocella ed il Fiume Jato (042).
- ❖ Circolare 15 ottobre 2012, Prot. n. 57027, circolare che abroga e sostituisce la Circolare 31 gennaio 1995, Prot. n. 2222 (pubblicata sulla G.U.R.S. 29/4/95, n. 23) ed entra in vigore dal 1 Novembre 2012.



- ❖ Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica. Gruppo di lavoro MS 2008.
- ❖ Conferenza delle Regioni e delle Province autonome - Dipartimento della protezione civile, Roma.
- ❖ Circolare del 14 gennaio 2014 n. 1 che abroga e sostituisce la Circolare del 15 ottobre 2012 - Prot. n. 57027 e la Circolare n. 2222/95.
- ❖ Circolare n. 3 del 20 giugno 2014 (pubblicata nella Gazzetta Ufficiale della Regione Siciliana in data 11 luglio 2014) che abroga e sostituisce la Circolare n. 1 del 14 gennaio 2014 - Prot. 1588, la Circolare del 15 ottobre 2012 - Prot. n. 57027 e la Circolare n. 2222/95

### Capitolo III

#### Inquadramento geografico e geomorfologico

L'area in esame, cartograficamente è inserita nella tavoletta denominata "Palermo", orientamento N.E., II° quadrante del Foglio n. 249 della "Carta d'Italia" edita dall'Istituto Geografico Militare Italiano e ricade presso la località "Piano Sant'Erasmo" del Comune di Palermo, come si può vedere nell'allegato "Stralcio topografico" in scala 1: 25.000.

Il sito studiato è ubicato a quote altimetriche prossime ai 3 metri circa s.l.m. (riferite al piano stradale della Via Tiro a Segno), con gradiente altimetrico che degrada dolcemente in direzione Nord - Est e raccorda, con soluzione di continuità, i luoghi esaminati alla vicinissima linea di costa che dista appena una cinquantina di metri in linea d'area.

L'osservazione globale del territorio porta ad individuare un insieme piuttosto eterogeneo di forme i cui lineamenti sono stati certamente condizionati dalla natura delle rocce e dalle loro condizioni strutturali e giaciture.

L'assetto geomorfologico originario è stato, comunque, vistosamente modificato dall'insediamento urbano della zona. Malgrado ciò è stato possibile individuare i lineamenti geomorfologici generali, attuali e originari, basandosi su dati storici e sull'analisi di cartografie di epoche diverse.

Il fabbricato in esame è ubicato nei pressi del centro storico di Palermo, nell'ambito della Piana omonima, località di affioramento dei termini argillo-sabbiosi e calcarenitici del Pleistocene inferiore, si affaccia sul mar Tirreno ed è cinta alle spalle da monti, che nella letteratura geologica vengono indicati con il nome generico di "Monti di Palermo".

Questa è una vasta zona, quasi del tutto pianeggiante, che si apre sul mare a forma di mezzaluna, elevantesi dal livello del mare sino a qualche centinaio di metri. Ha un andamento N.O. - S.E., parallelamente alla linea di costa, ed i rilievi che la limitano verso l'interno sorgono improvvisi dalla pianura con una netta rottura di pendenza.

Questi ultimi, distinti per le caratteristiche morfologiche dal Caflysch (1966), sono:

- ❖ il gruppo di Belmonte Mezzagno, di aspetto geometrico legato a fenomeni di frattura, verso la costa e verso le valli dell'Oreto e dell'Eleuterio, presenta limiti rettilinei e scoscesi;
- ❖ il gruppo di Montelepre, presenta un andamento molto geometrico e rettilineo, legato anch'esso a fenomeni di frattura. Qui i blocchi squadrati sono circondati dalle pianure quaternarie che hanno lasciato emergere i blocchi più sollevati: Monte Gallo, Pellegrino e Castellaccio.

Nella Piana di Palermo sono state identificate tre piccole collinette su cui sorsero i primi insediamenti urbani: "Paleopoli", "Neopoli" e "Trans - Papireto". Queste forme morfologiche sono oggi difficili da individuare, in quanto le costruzioni e lo sviluppo urbanistico hanno livellato queste alture.

In questo tratto di costa avevano il loro recapito tre corsi d'acqua a regime torrentizio, come si può vedere nel dettaglio nell'allegata "Carta geologica e idrogeologica" in scala 1 : 25.000:

- ❖ a nord, il Flumen Galli (fiume di Gallo, meglio noto come "Torrente di Passo di Rigano"), oggi incanalato, che aveva la sua foce a S. Lucia nel piano del Ciardone;
- ❖ l'Oreto (nei pressi dell'area esaminata), ancora attivo, con foce a sud di S. Erasmo (300 ml. a sud - est);
- ❖ il Kemonia ed il Papireto con l'antica foce nello specchio d'acqua della Cala, canalizzati nel XVI secolo e ridotti a cloache ipogee dopo la loro deviazione nel mare di S. Erasmo.

Gli aspetti morfologici che caratterizzano l'area di studio sono legati, quindi, all'orogenesi quaternaria e alle variazioni "eustatiche" del livello medio dei mari. Nel Quaternario antico, infatti, la linea di costa di questa zona si trovava in una posizione più avanzata rispetto a quella odierna, e la piana in esame era costituita da fondali marini bassi a scarsa energia.

In tale ambiente inizia, a partire dal piano "Siciliano", la sedimentazione di materiale detritico proveniente dall'erosione di rilievi carbonatici e da frammenti di gusci di micro e macro organismi di ambiente di mare basso.



Anche se il profilo della costa e la morfologia della Piana di Palermo cominciarono a definirsi con la trasgressione marina del Tirreniano (Pleistocene superiore), conclusasi circa 70.000 anni fa alla fine dell'interglaciale Riss - Wurm, la conformazione che attualmente persiste venne assunta più tardi durante la fase della glaciazione wurmiana (25.000 18.000 anni a.C.). Durante questo periodo, infatti, si verificò l'ultimo sensibile abbassamento del livello del mare (- 120 metri circa rispetto al livello attuale) e una fortissima ripresa dell'erosione fluviale dell'Oreto, del Kemonia e del Papireto, che approfondirono il loro alveo rimodellando profondamente la costa e la pianura di Palermo. Significative interazioni con le terre emerse rimasero ben documentate grazie a morfostrutture fossili, quali falesie, solchi del battente e grotte di escavazione marina che ancora si osservano su Monte Pellegrino, ed una serie di terrazzi morfologici e superfici di spianamento rilevabili lungo la fascia pedemontana.

Con l'inizio dell'epoca Olocenica (8 mila anni a.C.), che coincide con le grandi espansioni glaciali, il progressivo scioglimento dei ghiacciai apportò, anche nell'area del Mediterraneo una generale, seppur modesta ingressione marina (trasgressione Versiliana) e, nel medesimo tempo, un lento arretramento delle coste, che pare persistere fino ai nostri giorni.

Negli ultimi 70 anni, in cui si hanno ormai nel Mediterraneo sufficienti serie di registrazioni di livello abbastanza lunghe ed estese su varie coste, il livello del mare si è progressivamente innalzato di 16 mm./anno, come media generale.

Gli autorevoli autori che si sono occupati di questo territorio, sono concordi nell'ammettere che all'evoluzione morfologica della costa abbiano principalmente contribuito gli interramenti alluvionali del Fiume Oreto (area in studio), del Kemonia, del Papireto e del Fiume Gallo.

#### Capitolo IV

##### Caratteri geologici e sedimentologici - ambientali

Gli studi condotti sulla Piana di Palermo negli anni passati hanno fornito di essa un quadro geologico abbastanza semplice. Alcuni autori in passato hanno interpretato la depressione della "Conca d'Oro" come una fossa tettonica, mentre per Ruggieri (1971) essa è il frutto di una erosione differenziale del tenero "Flysch Numidico" che sopporta i blocchi alloctoni calcarei e calcareo - dolomitici mesozoici. Infatti, nella sua generalità, il bed-rock del quaternario della Piana di Palermo è costituito dal complesso argilloso-quarzarenitico oligo-miocenico, noto volgarmente nel Palermitano come "ginolfo".

I terreni su cui sorge Palermo, come del resto buona parte della Conca d'Oro, sono costituiti da una successione calcarenitica quaternaria (Siciliano) dallo spessore variabile, oscillante attorno gli 80-90 metri lungo le fasce prossime alla costa, che si va via via assottigliando procedendo verso monte fino a ridursi ad un vero e proprio crostone ("scurciuni" nella denominazione di cantiere).

In grande la copertura quaternaria può distinguersi in due litofacies:

- ❖ una più superficiale calcarenitico - sabbiosa con intercalati livelli argillosi ed argillo-sabbiosi, con spessori da pochi metri ad oltre 80 metri;
- ❖ l'altra sottostante la precedente, prevalentemente costituita da argille azzurre fossilifere talora passanti ad argille siltose e sabbie. Lo spessore attualmente misurato si aggira sui 100 metri nella parte meridionale della città.

#### 4.1. - Il complesso calcarenitico, sabbioso-argilloso

In tale complesso, di spessore variabile, è possibile individuare diversi tipi litologici; infatti, le calcareniti possono presentare nel loro spessore notevoli eteropie di facies, mentre nelle loro successioni stratigrafiche si hanno delle sequenze litologiche ritmiche, cicliche o casuali. Esse possono essere grossolane, cavernose, ben cementate, talora invece a grana fine, ricche di sabbia quarzosa ed in tal caso da considerare vere e proprie arenarie. Spesso esse si presentano in grosse bancate, talora sono a strati molto sottili con interposizione di straterelli siltitici, oppure si presentano come sabbie sciolte, a granulometria variabile che va dalle sabbie grossolane a quella delle siltiti argillose.

Frequentemente ancora le calcareniti si presentano nodulari o brecciformi: trattasi di nuclei dalle forme estremamente irregolari, di grandezza variabile, poco legate da cemento calcareo; gli interstizi, tra un nucleo e l'altro, sono riempiti da sabbia fine e da siltiti. Lo spessore massimo delle calcareniti sinora conosciuto è di oltre 80 metri, nella parte settentrionale della città (località Resuttana).

L'insieme di questi litotipi costituisce "in grande" il complesso delle calcareniti sabbioso-argillose che è distinguibile in due tipi prevalenti:

1. Quelle, a Nord della città biancastre, granulometricamente omogenee a prevalente contenuto calcitico e con rari livelli argillo-sabbiosi. Il loro limite meridionale ricade lungo le vie Duca della Verdura, Cantieri, Libertà, Ariosto, Leopardi, Villa Sperlinga, mentre quello



settentrionale è dato dalle pendici dei monti Gallo e Pellegrino. Si estendono in un'area anticamente interessata da cave, dove con il sistema a gallerie o a cielo aperto si coltivava questo tipo di calcarenite, le cui caratteristiche litologiche e meccaniche discendono dall'uso che in passato si è fatto di queste, adoperandole come materiale da costruzione. Trattasi di una roccia di colore tendente al biancastro, tenera e di grana uniforme, a luoghi con apparente stratificazione. Sono riconoscibili noduli più cementati che presentano una distribuzione regolare e densità varia da punto a punto. Per il 50% esse sono costituite da un minuto tritume di fossili a guscio calcareo (Lamellibranchi, Briozoi, Gasteropodi, Foraminiferi, ecc..) legato da una matrice calcarea, raramente silicea. A volte, in corrispondenza dei giunti di stratificazione, si hanno sottili strati più cementati che, con molta probabilità sono dovuti alle acque percolanti che, seguendo le vie di minore resistenza (giunti), solubilizzano i gusci calcarei depositandoli in forma cristallina. Tra questi livelli cementati si hanno delle zone con distribuzione caotica di nuclei ben cementati e scarsa matrice calcarenitica. È stato notato che dove i nuclei cementati sono più rari, si ha una scarsa presenza di fossili mal conservati, mentre essi sono meglio conservati e più abbondanti in presenza di nuclei più densi. In genere si nota nello spessore di tali calcareniti una isorientazione dei clasti calcitici a spigoli vivi.

2. Quelle meridionali giallastre, a percentuale variabile di silice che a luoghi dà alla massa calcarenitica un diverso grado di cementazione. Presentano notevoli variazioni laterali e verticali tali da essere suddivisibili in altre due litofacies:

2.1 - Calcareniti bianco - giallastre dure - Tali calcareniti si sviluppano nella parte Nord - Ovest della città (Viale Regione Siciliana) e si riscontrano sotto uno spessore variabile di terre rosse, costituendo un livello calcarenitico bianco-giallastro molto duro, con spessore di pochi metri, a grana fine e giacitura sub-orizzontale. La notevole tenacità deriva da un complesso di trasformazioni chimico-fisiche che hanno portato questa formazione a ben cementarsi.

2.2 - Calcareniti giallastre in senso lato - In questo tipo sono comprese tutte le rimanenti litofacies delle calcareniti della Piana di Palermo (caratterizzanti i luoghi prossimi a quella in studio, come da allegata "Carta geologica e idrogeologica" in scala 1 : 25.000). Si hanno così calcareniti giallastre passanti ad arenarie ricche in quarzo con cemento calcareo siliceo; calcareniti bianco-giallastre farinose costituite da un minutissimo tritume di fossili trattenuto da sabbia fine; calcareniti tenere, a grossi nuclei arenacei duri immersi in una sabbia giallastra fine; sabbia grossolana fossilifera poco cementata con sottili livelli arenacei ben cementati; calcareniti grossolane e calciruditi, legati da cemento calcareo; calcareniti

giallastre a grana media, a luoghi cementate con intercalazioni di livelli argilloso-sabbiosi di colore verdastro.

#### 4.2. - Materiale di risulta antico

Si tratta di un pacco di materiale allo stato sciolto o scarsamente addensato, costituito prevalentemente da terreni sabbio - limosi e limi argillosi di colore brunastro e mascherati nella parte più superficiale da uno spesso pacco di riporto antropico sia antico che recente, di varia pezzatura e rappresentato da frammenti e da noduli calcarenitici giallastri e cocci di terracotta rossastri. L'origine è dovuto principalmente ad accumulo fluvio - lacustre e tali sedimenti, clastici e terrigeni poggiano, con uno spessore variabile, in netta discordanza sui terreni più antichi, deformati dagli intensi fenomeni tettonici. Tale materiale si rinviene lungo buona parte del sito di stretto interesse, come riportato nell'allegata "Carta geolitologica e litotecnica" in scala 1 : 1.000.

Litologicamente trattasi di sabbie limose, limi argillosi, argille limose e, talora, limi sabbiosi, alterate e rimaneggiate di colore brunastro, in cui sono presenti frequenti inclusioni di minuti elementi (clasti) calcarenitici giallastri ed anche calcareo-dolomitici grigio-rossastri a spigoli smussati, dovuto a trasporto ed accumulo. Quindi, i terreni in questione mostrano un'associazione caotica e disomogenea di vari termini assortiti granulometricamente, cui si potrebbe attribuire una struttura fango-sostenuta prevalente su una grano-sostenuta.

#### 4.3. - Considerazioni sedimentologiche ed ambientali

La variabilità delle varie litofacies ampiamente descritte si può spiegare con un'alternanza continua delle condizioni di sedimentazione legate ad un regime di correnti apportatrici di fanghiglie ed al prevalere, talora, di quelle altre che permisero la sedimentazione calcarenitica o sabbiosa-ghiaiosa. Tale variabilità è sempre legata alle irregolarità morfologiche del tetto del "Flysch Numidico" e alle correnti marine, come pure al trasporto solido dei paleofiumi.

Le calcareniti talora con lenti e con livelli di sabbie e limi, sono costituite da grani bioclastici nettamente prevalenti su quelli detritici (quarzo, ciottoli calcarei, ecc. ecc.), immersi in un cemento calcitico che occupa i vuoti intergranulari e talora riveste i granuli e riempie le cavità interne dei fossili.

Il materiale carbonatico è costituito pure da detrito finissimo previamente eroso dai mesozoici monti che circondano Palermo, in parte disciolto e riprecipitato in azioni chimiche e organogene. Le sabbie e le ghiaie, che si intercalano a forma lenticolare o in sottili livelli alle calcareniti, sono di dimensioni variabili passando da sabbie fini a ciottoli grossolani prevalentemente calcarei, provenienti dal disgregamento dei monti circostanti alla Piana.

I granuli quarzosi e talora il cemento siliceo (che sostituisce in alcuni quello calcitico) appare derivato dallo smantellamento di ammassi quarzarenitici del "Flysch Numidico" che dovevano costituire gli alti morfologici nel bed-rock della Piana, su cui in seguito si è sedimentato il deposito quaternario. Le calcareniti spesso ricoprono sabbie giallastre leggermente argillose con intercalati livelli argillo-sabbiosi.

Trattasi di sabbie di taglia granulometrica media costituite per la maggior parte da grani calcitici (bioclasti) e quarzo, mentre la frazione più fine, intorno al 10% 15%, è costituita da minerali argillosi. L'ambiente di sedimentazione doveva essere di acque basse ed agitate (ambiente neritico infralittorale) dove le correnti rimaneggiavano di continuo il materiale deposto, producendo laminazioni ed apportando materiale sabbioso e ghiaioso. L'azione delle correnti marine favoriva, inoltre, il trasporto dei gusci e dei molluschi che si accumulavano in livelli caratteristici o in "nidi".

Le argille azzurre contengono delle associazioni faunistiche, con alta percentuale di plactonici, indicanti un ambiente di profondità superiore ai 100 150 metri, mentre le ostracofaune riscontrate sono tipiche di fondi fangosi profondi.

## Capitolo V

### Lineamenti idrografici e idrogeologici

Nell'ambito della realizzazione di tutte le opere in progetto, è opportuno considerare le caratteristiche idrografiche ed idrogeologiche della zona, al fine di valutare le condizioni di circolazione idrica superficiale e sotterranea e le condizioni di salvaguardia delle falde acquifere.

#### 5.1. - Idrografia

La rete idrografica del territorio risulta piuttosto articolata, in cui si nota un certo controllo strutturale da parte di faglie e fratture che impongono al reticolato fluviale una forma di tipo "angolare", con bassa frequenza areale di segmenti idrografici e basso rapporto di confluenza. Infatti, nella "panchina" carbonatica, buona parte delle acque defluisce per vie sotterranee.



Per quanto riguarda la genesi della rete idrografica, il cui ruolo morfogenetico è stato di primaria importanza nel processo evolutivo della Piana di Palermo, si è cercato schematicamente di illustrare la sua origine sulla base di recenti studi di neotettonica della Sicilia occidentale.

Si è osservato che durante le crisi tettoniche pleistoceniche, che a più riprese hanno investito la Sicilia occidentale, i depositi calcarenitici che si sono accumulati sul fondo del bacino di sedimentazione "palermitano", hanno reagito durante la fase diagenetica, alle stesse sollecitazioni crostali, con fratture e ribassamenti prevalentemente orientati in direzione N.E. - S.W., in maniera pressoché normale alla linea di costa e parallela alla grande faglia di Monreale.

Questa, che per taluni autori costituirebbe più propriamente una fossa tettonica ("*graben*"), formata da una serie di faglie parallele a gradinata, attraverserebbe tutta la piana ed il centro storico, passando per la Cala.

Le successive deformazioni crostali, sviluppatasi nel tardo-Pleistocene, quando le terre erano emerse, portarono alla formazione di una serie di discontinuità strutturali secondarie (fratture e faglie a piccolo rigetto) che mantennero la stessa orientazione di quelle antiche del basamento, rappresentate dalla faglia di Monreale. Pertanto le incisioni vallive dell'Oreto, dell'antico Kemonia, del Papireto e del Fiume Gallo si sono sviluppate, secondo il ciclo erosivo, seguendo l'originario assetto strutturale.

Nelle zone più interne le acque fluviali sia del Papireto che del Kemonia, sospinte dalle correnti marine, ristagnavano e si mescolavano con il mare, dopo aver depositato il loro carico di torbida. Si può affermare pertanto che, alla luce di più generali considerazioni geomorfologiche, il modellamento della baia si sia sviluppato in due fasi distinte. Nella prima fase, connessa con il ciclo fluviale del Papireto e del Kemonia nel loro stadio giovanile e maturo, le incisioni vallive raggiunsero il massimo approfondimento dell'alveo e, forse, un generale ringiovanimento idrografico in relazione al nuovo livello marino di base, che toccò il suo minimo proprio durante l'ultima glaciazione detta Wurm.

Nella seconda fase, invece, si produsse il modellamento superficiale della costa per il prevalere dell'azione del moto ondoso marino sulle correnti del Papireto e del Kemonia. Secondo l'autore Pietro Todaro, è valida l'ipotesi che la genesi dell'insenatura sia stata fortemente condizionata da un meccanismo morfogenetico analogo a quello che presiede la formazione di estuari e lagune in un momento in cui le escursioni di marea dovevano essere molto più sensibili di quelle attuali.

Nell'alto Pleistocene, probabilmente alla fine dell'ultima glaciazione Wurmiana, le forti azioni erosive e di accumulo connesse con le oscillazioni eustatiche del livello del mare avevano prodotto nella fascia costiera una configurazione che, a grandi linee, si è mantenuta fino ai nostri giorni. Le acque sorgive di *Danisinni* e di *Rutah* assieme a quelle di *Rum* che si raccoglievano nella ristretta bassura del *Rapirete* a formare un ristagno, confluivano pigramente nella foce del Kemonia all'altezza dell'antica Porta di Mare. È da supporre, pertanto, che queste acque non potevano possedere sufficiente energia erosiva e di trasporto, tale da condizionare, in misura apprezzabile, l'evoluzione del porto e ancor meno della costa.

A differenza dell'Oreto e del Flumen Galli, le cui foci erano di tipo deltizio, nel tratto di mare in cui sfociavano il Papireto ed il Kemonia si instaurarono condizioni favorevoli per la formazione di una foce ad estuario.

Sondaggi effettuati recentemente nell'area di Piazza S. Anna della Misericordia e di Piazza Borsa hanno rivelato, infatti, la presenza di potenti spessori (superiori a 20 metri) di sedimenti alluvionali con significative percentuali di sostanze algali. Ciò induce a ritenere che le acque del mare, penetrando profondamente nell'entroterra risalivano il tratto finale sinuoso tanto del Papireto che del Kemonia e favorivano condizioni di mare basso, tipo laguna, fino all'ansa su cui oggi si estende Piazza S. Anna.

## 5.2. - Idrogeologia

La permeabilità delle rocce è uno dei fattori principali di condizionamento del circuito delle acque sotterranee. Pertanto, assumono importanza rilevante la litologia, la tettonica e l'alterazione superficiale, fattori che sono in stretta correlazione con le proprietà idrogeologiche dei complessi litologici presenti nell'area indagata, come da allegata "Carta geologica ed idrogeologica" in scala 1 : 25.000.

I litotipi appartenenti alla copertura sabbioso-calcarenitica quaternaria manifestano una porosità alta per fessurazione, carsismo e per porosità. Il complesso sabbioso-calcarenitico suddetto può, quindi, annoverarsi come acquifero sia a "porosità secondaria", porosità cioè dovuta all'elevato grado di fratturazione delle compagini litoidi (calcarenitiche), che a "porosità primaria", in quanto le frazioni sabbiose e ciottolose, dal punto di vista fisico, sono caratterizzate da una rete molto fitta di vuoti interconnessi (meati presenti tra le singole particelle).



In tali condizioni si instaura una circolazione idrica più o meno profonda in prossimità delle maggiori fratture (derivanti queste principalmente da stress di natura tettonica), o attraverso i numerosi giunti di stratificazione. La circolazione idrica, a causa delle caratteristiche porose dell'acquifero, può svilupparsi in modo articolato, con falde sovrapposte e/o interconnesse, con deflusso preferenziale dell'acqua nei litotipi a più alto grado di permeabilità relativa.

Le compagini calcarenitiche sono da considerarsi, inoltre, come rocce a permeabilità crescente, in quanto i fenomeni di dissoluzione che si innescano all'interno delle fratture tendono, con il tempo, ad allargarle fino a creare cavità ipogee. All'interno delle strutture calcarenitiche, le faglie rappresentano delle linee di drenaggio preferenziale, infatti, l'infiltrazione risulta accentuata, oltre per la presenza di grandi discontinuità nel complesso carbonatico, per l'esistenza di interzone brecciate in prossimità delle maggiori direttrici tettoniche.

Di contro, i terreni appartenenti al materiale di risulta antico, litologicamente disomogenei ed anisotropi (almeno a piccola scala), idrogeologicamente possono essere considerati orizzonti a porosità primaria con permeabilità variabile da bassa a media ( $k 10^{-4}$  cm/sec.), dotati, quindi, di una certa continuità, in quanto caratterizzati da una rete molto fitta di vuoti intercomunicanti. Tali sedimenti, come ampiamente esposto, sono caratterizzati da un'associazione caotica e disomogenea, sia in senso orizzontale che verticale, di termini litologici di varia granulometria. Ciò si traduce in una circolazione idrica sviluppata in modo articolato, con falde sovrapposte e/o interconnesse, con deflusso preferenziale dell'acqua nei termini a più alto grado di permeabilità relativa.

Nella Piana di Palermo, area strutturalmente poco complessa, l'elemento geometrico che influenza maggiormente la circolazione idrica di base è il contatto stratigrafico tra l'acquifero fessurato e poroso ("panchina" calcarenitica) e il sottostante substrato impermeabile (complesso argilloso flyschioide). Salvo casi eccezionali dovuti ad altri fattori di condizionamento esistenti all'interno del singolo complesso acquifero, la superficie piezometrica risulta sub-affiorante nei punti morfologicamente più depressi del suddetto complesso calcarenitico quaternario, ove la superficie topografica si interseca con quella piezometrica.

Invece, per quanto concerne il presente studio, l'analisi dei dati freaticometrici della zona su cui sorge l'opificio in esame, non esclude la presenza di falde idriche nell'ambito delle porzioni superficiali del sottosuolo. Ed infatti, i dati idrogeologici acquisiti, hanno evidenziato che la superficie freatica si intercetta a circa 4 - 5 metri di profondità dall'attuale piano stradale di Via Tiro a Segno.



## Capitolo VI

### Note sul Piano per l'Assetto Idrogeologico del territorio

Il "Piano Straordinario per l'Assetto Idrogeologico", pubblicato dall'A.R.T.A. (Assessorato Regionale del Territorio e dell'Ambiente) con Decreto del 4 luglio 2000 opera, all'interno di tutto il territorio regionale, una prima distinzione di aree a rischio sia di frana che di esondazione secondo i canoni dettati dal comma 1 bis del Decreto Legge n. 180/98, meglio conosciuto come "*Decreto Sarno*".

Piano elaborato facendo riferimento ad una mappatura derivante da fogli in scala 1 : 50.000 e che individua zone soggette a rischio "R4 - molto elevato" o "R3 - elevato", nelle quali sono state determinate delle misure di salvaguardia comportanti limitazioni d'uso per non aumentare le condizioni di rischio. L'atto di indirizzo e coordinamento ha portato, infine, alla realizzazione dei "*Piani Stralcio*", che altro non rappresentano che la ripermetrazione delle aree soggette a dissesto ad una scala più adeguata.

In particolare, in riferimento all'area di pertinenza ed oggetto della presente relazione geologica, la "Carta del Rischio Idrogeologico" per il territorio del Comune di Palermo pubblicata ed allegata al Decreto del 4 luglio 2000 summenzionato è stata modificata ed aggiornata con l'atto di indirizzo: "Modifica del Piano Straordinario per l'Assetto Idrogeologico relativamente al territorio comunale di Palermo". Da tale aggiornamento, pubblicato nel Decreto del Presidente della Regione Siciliana D.P.R.S. n. 91 del 27.03.2007, si evince che nell'area su cui insiste l'intero opificio di Via Tiro a Segno n. 24, grava un vincolo ed in particolare il sito indagato è soggetto ad un livello di pericolosità idraulica per fenomeni di esondazione moderato ("P1") ed a un livello di rischio elevato ("R3").

Nello specifico, l'area in studio sita lungo la Via Tito a Segno n. 24 nel Piano Sant'Erasmus in Palermo ed ubicata nella Carta del Rischio Idrogeologico in scala 1 : 10.000 dei "Piani Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico" redatti dall'A.R.T.A. ed aggiornati all'anno 2006, insiste all'interno del "Bacino idrografico del Fiume Oreto - 039" e su questa non grava alcun vincolo e nessun livello di pericolosità e rischio geomorfologico per frana; mentre ricade nelle zone mappate con un livello di pericolosità moderata "P1" ed un livello di rischio "R3 - elevato" da esondazione e denominata: "039 - E14", come è possibile vedere dagli allegati "Stralci delle carte del P.A.I." in scala 1 : 10.000.

## Capitolo VII

### Indagini in situ

Per l'espletamento del suddetto incarico finalizzato all'individuazione dei livelli di pericolosità geologica e sismica sono state eseguite solamente:

- ❖ n. 2 indagini geognostiche indirette: due prove sismiche passive con stazione microtremore a stazione singola - HVSR, con tromografo digitale - Tromino (risultati delle indagini allegati in calce alla presente nella documentazione: "Relazione sismica") per l'identificazione della categoria di suolo di fondazione in base a parametri dinamici specifici, in particolare la Vs30, cioè la velocità media di propagazione entro 30 metri di profondità delle onde di taglio, secondo quanto previsto dalle "Norme tecniche per le costruzioni" (Decreto Ministeriale del 17 Gennaio 2018 – Gazzetta Ufficiale n° 42 del 20.02.2018).
- ❖ osservazione di una (1) trincea esplorativa lungo la Via Messina Marine al fine di individuare i rapporti geometrici tra successione litologica nel sottosuolo ed opere ed interventi da realizzare.

Tutte le indagini eseguite per la redazione della presente relazione geologica sono ubicate nell'allegata: "Planimetria generale" in scala 1 : 600.

E' doveroso ribadire che le indagini effettuate sono di tipo indiretto, quindi al fine di avere quanto più esaustivo il quadro di insieme dell'intera area indagata, si rende necessario nonché indispensabile procedere alla esecuzione di ulteriori indagini geognostiche di tipo diretto con campionamenti ed analisi e prove di laboratorio.

## Capitolo VIII

### Pericolosità sismica e geologica

#### 8.1. - Pericolosità sismica locale e indicazioni per la valutazione dell'azione sismica

Le azioni sismiche di progetto, come previsto dalle "N.T.C./2018", in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa ag in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria "A" quale definita secondo le N.T.C. 2018), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR, nel periodo di riferimento VR.

La determinazione della pericolosità sismica di un sito va effettuata sia in termini geografici, sia in termini temporali. Il sito di progetto è ubicato sul reticolato geografico con le coordinate:

<u>COORDINATE GEOGRAFICHE ED50</u>	<u>PROVA SISMICA N. 1 - HVSR1</u>	<u>PROVA SISMICA N. 2 - HVSR2</u>
LATITUDINE	38.113144° N	38.113295° N
LONGITUDINE	13.378115° E	13.378554° E

La nuova classificazione sismica del territorio nazionale, la quale si basa su uno studio probabilistico, che tiene conto di tutti gli eventi sismici verificatisi in Italia dall'anno 1000 fino ad oggi. Da tale studio condotto dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, sono state realizzate delle carte di pericolosità sismica. L'INGV ha contribuito a questo importante provvedimento per il proprio campo di competenza, visto che l'azione sismica di riferimento per la progettazione (riportata nell'allegato "A" di tale Decreto) è stata definita sulla base delle stime di pericolosità sismica per il territorio nazionale realizzate dal Progetto S1 ( <http://esse1.mi.ingv.it>) nell'ambito della Convenzione 2004 - 2006 tra l'INGV stesso e il Dipartimento della Protezione Civile.

Tra le novità più importanti di queste norme vi è il fatto che per la prima volta tale azione sismica non viene definita sulla base di 4 zone sismiche (a ognuna delle quali era associato uno spettro di progetto standard), ma è determinata per ogni sito in Italia secondo una griglia regolare di nodi (con passo di 5 km, per un totale di oltre 10000 nodi) per ognuno dei quali il Progetto S1 ha calcolato oltre 2200 parametri che descrivono in maniera esaustiva la pericolosità sismica (picchi di accelerazione, accelerazioni spettrali, disaggregazione, ecc., tutti calcolati per diverse probabilità di accadimento in 50 anni; tutti i dati sono accessibili e visualizzabili in mappa nel sito <http://esse1-gis.mi.ingv.it>).



## 8.2. - Pericolosità sismica e geologica

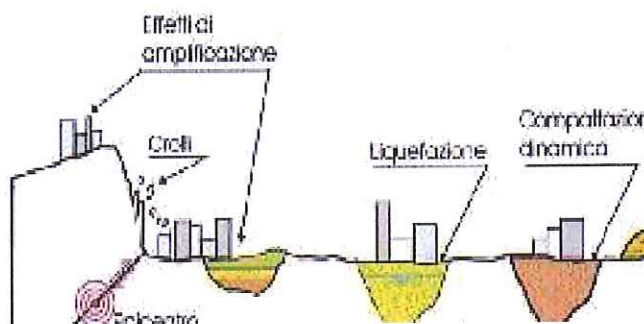
Come detto nel capitolo precedente, il territorio di Palermo rientra tra le zone sismiche della Regione Sicilia e, più precisamente, in zona sismica di II Categoria.

Il sito rientra nella categoria topografica "T1":

Categorie topografiche	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $\leq 15^\circ$

Non rientra in nessuno degli scenari di pericolosità sismica locale di seguito indicati:

- 1) - scorrimenti di faglia; 2) - instabilità di pendii; 3) - addensamento di terreni a grana grossa;
- 4) - subsidenza dei terreni molli a grana fine; ma potrebbe rientrare in questi ulteriori due casi:
- 5) liquefazione di sabbie sature; 6) - amplificazione sismica.



Da T. Crespallani - Università degli Studi di Firenze

Quindi, per quanto riguarda gli "effetti di sito" dovuti alle situazioni geologiche e morfologiche relativi alle condizioni locali, l'area su cui insiste l'opificio di Via Tiro a Segno n. 24 di "Piano Sant'Erasmus" in Palermo potrebbe rientrare in almeno due casi degli scenari di modificazione del segnale sismico in arrivo al sito su roccia, come: possibile presenza di terreni aventi caratteristiche tali da innescare fenomeni di liquefazione in presenza di un evento sismico ed amplificazione sismica. Di contro, dallo studio geomorfologico non sono stati rilevati fenomeni franosi o manifestazioni geomorfologiche attive, né sono stati riscontrati movimenti gravitativi della coltre superficiale sia sul sito di stretto interesse che in un intorno significativo.

In relazione alla pericolosità geologica rilevata nel territorio oggetto di studio non sono state individuate situazioni che determinano condizioni sfavorevoli di attuazione delle opere in progetto, come si può vedere dall'allegata "Carta delle pericolosità geologiche" in scala

1 : 1.000 e dovute essenzialmente ad un livello di pericolosità idraulica moderata per fenomeni di esondazione.

Concludendo, invece, si deve sottolineare che sotto l'aspetto della pericolosità sismica anche se l'area si può definire stabile, questa è suscettibile a fenomeni di amplificazione del moto sismico come effetto sia dell'assetto litostratigrafico che morfologico locale (come si può vedere dall'allegata "Carta della pericolosità sismica" in scala 1 : 1.000) e per poter escludere in modo definitivo che non vi può essere nessuna interferenza tra questi effetti e le opere in progetto da realizzare si rende necessario effettuare ulteriori indagini di tipo diretto con campionamenti.

## Capitolo IX

### Successione litostratigrafica

Mentre nei capitoli precedenti ci si è soffermati perlopiù sui rapporti geologici e strutturali generali nonché sull'evoluzione tettonogenetica del territorio, in questo capitolo si differenzieranno i vari complessi geolitologici e si analizzerà nel dettaglio sia la successione litostratigrafica dei luoghi che lo stato in cui si rinviene ciascuna campagna litologica, essendo intimamente legate a questi fattori le caratteristiche tecniche ed il comportamento dei terreni nei lavori di ingegneria.

La conoscenza geolitologica e petrografica dei terreni presenti nell'area in esame, nonché dei loro rapporti geometrici e stratigrafici, è stata approfondita mediante l'osservazione diretta di una (1) trincea esplorativa lungo la Via Messina Marine e l'effettuazione di indagini indirette (due prove sismiche passive a stazione singola), i cui risultati sono stati integrati con indagini geognostiche effettuate nell'ambito di altre progettazioni in un'area prossima a quella in studio. I termini litostratigrafici osservati ed i risultati delle risposte sismiche oltre ai dati ipotizzati nello studio geolitologico - stratigrafico, vengono descritti, dall'alto verso il basso, di seguito e con riferimento alla relativa profondità dall'attuale piano di calpestio dell'opificio di progetto, come rappresentato nel dettaglio nell'allegata "Sezioni geolitologiche" in scala 1 : 200 con "Planimetria sezioni & Legenda" non in scala:

1. Materiale di risulta antico (da 0,60 mt. fino a max - 2,75 mt. di profondità dal p.c.).

Materiale allo stato sciolto o scarsamente addensato, prevalentemente costituito da sabbie con limi e limo argillosi, brunastri, con inclusioni di frammenti e noduli calcarenitici giallastri e di cocci di terracotte rossastre nella parte più superficiale, passanti ad argilla limosa con livelli argillo-sabbiosi moderatamente consistenti e più in profondità a sabbia limo-argillosa molto consistente.

2. Sedimenti calcarenitico - sabbiosi (da min. 0,60 m fino a profondità indefinite dal p.c.).

Calcareniti e calciruditi detritico - organogene a grana varia, di colore giallastro, a cemento prevalentemente calcitico e grado di cementazione da medio ad elevato (tenaci), generalmente in strati decimetrici e con struttura nodulare discontinua, talora vacuolari, con intercalazioni lenticolari di sabbie grosse addensate con limi e noduli calcarenitici, passanti gradualmente in profondità a sabbie grosse (sabbione) e ghiaie giallastre costituite da elementi calcarenitici a noduli e/o clasti ben serrati in una matrice di sabbia addensata, a luoghi intercalata da straterelli centimetrici ben cementati.

## Capitolo X

### Caratterizzazione fisico - meccanica delle rocce

Le considerazioni relative alle caratteristiche geologico - tecniche dei terreni interessati dalle opere e dagli interventi in progetto, sono frutto di varie fasi di lavoro quali: l'osservazione diretta della caratteristiche geolitologiche dei terreni affioranti nei pressi del sito di stretto interesse e l'acquisizione di notizie e dati tratte dalla ricca letteratura geotecnica sui litotipi con caratteristiche simili ai terreni indagati, il censimento e l'analisi delle indagini geotecniche effettuate in zona e riferibili ai litotipi osservati. Per una migliore esposizione delle specifiche indicazioni di massima di carattere geotecnico, si procederà nell'analizzare separatamente i litotipi con caratteristiche geolitologiche pressappoco uniformi.

#### 10.1. - Antico materiale di risulta

Rappresentano i materiali più superficiali della successione litostratigrafica indagata sotto il piano di calpestio dell'opificio in esame e sono costituiti da materiali allo stato sciolto o scarsamente addensato, di taglia granulometrica assai varia, assolutamente privi di struttura e dovuti ad accumulo antropico e soprattutto fluvio-lacustre. Tale materiale è costituito prevalentemente da terreni sabbio-limosi e limi argillosi di colore brunastro e mascherati nella parte più superficiale da uno spesso pacco di riporto antropico sia antico che recente e di varia pezzatura: frammenti e noduli calcarenitici giallastri e cocci di terracotta rossastri.

Il deposito dovuto ad accumulo sia antropico che fluvio-lacustre si presenta disomogeneo sia per tessitura e struttura (forma, dimensioni e disposizione delle parti solide) delle sue componenti che per la natura petrografica: la matrice argillosa e la componente lapidea in essa inglobata. Indicazioni sullo stato di consistenza della componente a grana fine di questi depositi sono state ricavate da due prove geognostiche effettuate in zona sullo stesso litotipo.



I bassi valori di NSPT (NSPT = 3,71 misurati in "spt1" e NSPT = 3,63 misurati in "spt2" ad una profondità di circa 1,00 metro; NSPT = 6,45 misurati in "spt1" ad una profondità di circa 11,40 metri e NSPT = 5,97 misurati in "spt2" ad una profondità di circa 5,00 metri;) indicano la presenza di terreni coesivi a consistenza compresa tra "soffice" e "media".

Valori di NSPT che comunque aumentano con l'aumentare della profondità, arrivando nel "spt1" ad una media di ben 18,93 fino a fine indagine (- 13,00 metri).

Croce e Pellegrino, (1986) e A.G.I. (1977) per NSTP compresi tra 2 e 4, forniscono valori di resistenza a compressione a dilatazione laterale libera  $q_u$  compresa tra 0,25 e 0,5 kg/cm<sup>2</sup> facendo ricadere tali depositi (o meglio la sua componente argillosa) nella classe dei terreni poco consistenti (molli).

Una stima della resistenza al taglio non drenata  $c_u$ , ricavata dalla correlazione fornita dal Nav-Fac Design Manual (1982), valida per le argille sature, indica un intervallo di valori compreso tra 1,50 t/m<sup>2</sup> e 6,00 t/m<sup>2</sup> con i valori più bassi dell'intervallo riferiti ai limi argillosi e le argille di bassa plasticità e quelli maggiori alle argille di alta plasticità.

Va, comunque, precisato ed evidenziato che i risultati delle prove S.P.T in generale e particolarmente quelle su terreni coesivi sono da considerare con particolare cautela e le valutazioni basate su di essi devono essere intese come indicazioni di massima. Infatti, A.G.I., 1977 ("Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione dell'indagini geotecniche") ritiene che i risultati delle prove S.P.T. consentano soltanto una valutazione orientativa dello stato di consistenza dei terreni coesivi limo - argillosi a causa dei numerosi fattori e condizioni che la influenzano (modalità esecutive della perforazione).

I valori dei parametri fisici e di resistenza da attribuire a tali terreni sono stati ridotti rispetto ai valori determinati mediante alcune prove di laboratorio prese a riferimento, a tutto vantaggio della sicurezza, tenendo conto della presenza di minuti elementi litici di varia natura, il cui contenuto aumenta con la profondità. Valori che vengono riportati di seguito nel paragrafo successivo (10.3.- Parametrizzazione meccanica e fisica dei terreni). Altro parametro fondamentale ai fini geotecnici da tenere in considerazione è la permeabilità della componente a grana fine di questi depositi che se da un lato è da considerare bassa questa valutazione non si può estendere al deposito nel suo complesso, in quanto a circa 4 - 5 metri dal piano di calpestio di Via Tito a Segno si intercetta la falda idrica.

## 10.2. - Sedimenti calcarenitico - sabbiosi

### 10.2.1 - Deposito sabbioso di genesi marina

In generale, dal punto di vista geotecnico, i depositi naturali di sabbie possono trovarsi in tutti i possibili stati compresi fra quello sciolto e quello denso. In alcuni casi (sabbie limose sciolte e sature), sotto l'effetto di un'azione di disturbo anche lieve (come, per esempio, un'azione di tipo sismico), pur restando costante il valore delle pressioni totali, si ha un temporaneo aumento delle pressioni neutre interstiziali, tale da annullare le pressioni effettive, portando le sabbie sciolte e sature ad assumere l'aspetto fluido di un liquido viscoso (fenomeno della liquefazione spontanea).

Appare chiaro, quindi, che i fattori principali di condizionamento del comportamento meccanico dei depositi sabbiosi sono lo stato di addensamento e di saturazione del terreno. L'osservazione diretta di fronti di scavo artificiali, in occasione del rilievo di superficie, ha permesso di constatare una certa compattazione dei granuli sabbiosi (densità relativa verosimilmente oscillante da media ad alta), di appurare una certa omogeneità granulometrica (scarsa presenza di materiale pelitico nella frazione sabbiosa), nonché di rilevare una bassa umidità dei terreni indagati. Tali osservazioni permettono una stima approssimativa dei terreni, valutati come sabbie a grana grossa, dallo stato di addensamento medio.

In questi casi, le prove Standard Penetration Test (S.P.T.), costituiscono uno dei sistemi più frequentemente impegnati per risalire alla caratterizzazione geotecnica dei terreni incoerenti e nella risoluzione dei normali problemi di geotecnica e di geologia applicata, in considerazione dell'impossibilità, in tali depositi, di prelevare campioni indisturbati con le normali perforazioni di tipo meccanico. Per sabbie di aspetto simile a quelle trattate, la letteratura indica valori di numeri di colpi del maglio ( $N_{spt}$ ) compresi tra 13 e 18. Questi dati, con tutte le limitazioni del caso (imputabili a modalità di esecuzione delle prove, presenza di acqua, tensioni efficaci in situ e granulometria del terreno), possono essere correlati con l'angolo di attrito interno  $\phi$ .

Infine, la presenza di limi nell'ambito dei depositi naturali di sabbie, comporta una diminuzione della permeabilità e della porosità ed un incremento della coesione nei sedimenti (comunque cautelativamente trascurabile). Inoltre, tale deposito sabbioso è frammisto a frequenti inclusioni di noduli e clasti calcarenitici giallastri e grano-sostenuti.

### 10.2.2 - Calcareniti giallastre di base

Dal punto di vista geomeccanico, trattasi di rocce lapidee che, allo stato inalterato o poco alterato, si presentano tenaci e, pertanto, in grado di subire nulli o modestissimi cedimenti, uniformi e di tipo rapido sotto l'azione di un carico. Se intatte, possiedono valori di parametri meccanici molto elevati offrendo buona resistenza allo schiacciamento e sono classificabili come rocce poco o per nulla deformabili ai normali problemi applicativi.

Da un'attenta ricerca di letteratura geotecnica, secondo la classificazione di Beer, la calcarenite può essere considerata come: "roccia mediamente dura, che può essere incisa con la punta affilata di un martello e un coltello può scalfire la superficie o può staccare del materiale", e ad essa può essere attribuita mediamente una resistenza massima a compressione monoassiale unitaria pari a 200 kg/cm<sup>2</sup> (Classe "E").

Di contro, l'ammasso roccioso studiato può presentare spesso frequenti superfici di discontinuità (sistema pian parallelo di giunti di stratificazione con spaziatura decimetrica con fessurazioni variamente orientate). Per valutare l'entità e la gravità della tettonizzazione e della degradazione chimica, può essere utile l'Indice di Qualità o RQD (Rock Quality Designation), che è rappresentato dalla percentuale di carote integre di lunghezza superiore a 10 cm.. Secondo tale indice le formazioni rocciose possono essere classificate nel seguente modo: da 0 + 25 % molto scadenti; da 25 + 50 % scadenti; da 50 + 75 % discrete; da 75 + 90 % buone; da 90 + 100 % eccellenti. Da quanto accertato, dall'analisi dei dati geognostici di varie perforazioni nell'ambito dei luoghi esaminati, la qualità della roccia è assai varia in ambito locale, ma generalmente presenta caratteristiche che la collocano tra le classi "discrete" e "buone" ( $50 < RQD < 90$ ).

L'elevato numero di discontinuità che generalmente caratterizzano la roccia e la loro spaziatura implica che il comportamento dell'ammasso roccioso differisca notevolmente da quello precedentemente descritto in caso di litotipi inalterati, massivi e tenaci. Lo stato di rilassamento dell'ammasso roccioso, provocato dalla spaziatura decimetrica tra le discontinuità stratigrafiche e dal grado di fratturazione, produce una riduzione della resistenza complessiva allo schiacciamento tale da comportare, pertanto, una considerevole riduzione dei valori dei parametri meccanici.



### 10.3. - Parametrizzazione meccanica e fisica dei terreni

Le precedenti considerazioni geologico-tecniche, formulate sulla base dell'esperienza acquisita e dopo un'attenta ricerca sulla ricca letteratura geotecnica, sono state integrate con i dati forniti da prove ed analisi di laboratorio geotecnico su campioni simili a quelli che caratterizzano il lotto in studio e con la risposta sismica locale (prove sismiche passive a stazione singola). In particolare, per quanto concerne, i depositi calcarenitici di deposizione marina, la parametrizzazione meccanica si è basata sulle risultanze di alcune prove di schiacciamento del tipo a dilatazione laterale libera - DL su campioni lapidei; mentre per il materiale di risulta sono stati considerati i risultati di alcune prove penetrometriche dinamiche e leggere. Si riassumono nella tabella seguente, i parametri geotecnici di ogni singolo litotipo, al fine di fornire una indicazione di massima degli elementi utili per le verifiche geotecniche necessarie all'esecutività dei lavori, anche se non definitivi e da confermare con ulteriori indagini di tipo diretto con campionamento:

Descrizione	RQD ( % )	Carico di rottura ( kg/cmq )	Coesione drenata ( kg/cmq )	Peso unità di volume ( t/mc )	Angolo d'attr int. ( ° )
Sabbie limose e limi argillosi di deposizione fluvio - lacustre. <u>MATERIALE DI RISULTA</u>	-----	-----	0,08	1,81 ~ 1,83	22°
Descrizione	RQD ( % )	Carico di rottura ( kg/cmq )	Coesione drenata ( kg/cmq )	Peso unità di volume ( t/mc )	Angolo d'attr int. ( ° )
Sabbie con grado medio di addensamento <u>DEPOSITI NATURALI DI SABBIE</u>	-----	-----	0,00	1,99	30°
Calcareniti giallastre con vario grado di cementazione, stratificate e fessurate. <u>ROCCE CALCARENITICHE</u> <u>LITOIDI</u>	50÷90	12÷15	-----	2,01	34° - 35°

## Capitolo XI

### Considerazioni conclusive

#### 11.1. - Note riepilogative

Nel corso della presente indagine geologica, sono state sviluppate ricerche e rilievi che hanno permesso di caratterizzare dal punto di vista geologico, geomorfologico, idrogeologico, geotecnico e sismico i terreni dell'area investigata, in osservanza a quanto previsto dal Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018.

Lo studio è stato orientato in senso specificatamente applicato al fine di dare una risposta alle seguenti iniziali indeterminazioni: eventuale turbativa geomorfologica conseguente ai lavori di realizzazione di opere ed interventi sull'area indagata ed oggetto del Programma Costruttivo, successione litostratigrafia dei luoghi, presenza e caratteristiche idrologiche delle acque di circolazione sotterranea e di superficie, elementi sulle caratteristiche geotecniche dei terreni affioranti ed individuazione di elementi di pericolosità sismica locale, oltre a classificare il suolo fondazione a norma della nuova e più recente normativa antisismica italiana.

Dall'esame di tutti i dati raccolti, riferiti nei capitoli precedenti, è possibile evidenziare alcuni punti essenziali e riepilogare le note salienti.

- ✓ Dal punto di vista geomorfologico, il sito studiato è ubicato a quote altimetriche prossime ai 3 metri circa s.l.m. (riferite al piano stradale della Via Tiro a Segno), con gradiente altimetrico che degrada dolcemente in direzione Nord - Est e raccorda, con soluzione di continuità, i luoghi esaminati alla vicinissima linea di costa (circa 50 ml.).
- ✓ Allo stato attuale non si registra nel sito indagato, né l'esistenza di ampi processi morfodinamici in atto, né la presenza di gravi agenti geodinamici che possano turbare le attuali condizioni di equilibrio, in relazione alla prevalente acclività dei luoghi.
- ✓ Nell'area esaminata non sono presenti fenomeni franosi che per intensità ed estensione possano rappresentare elementi di pericolosità per l'area in esame, come si può vedere dagli allegati: "Carta delle pericolosità geologiche" in scala 1 : 1.000 e "Stralci delle carte del P.A.I." in scala 1 : 10.000, ma dalle stesse carte si evince che nell'area su cui insiste l'intero opificio di Via Tiro a Segno n. 24, grava un vincolo ed in particolare il sito indagato è soggetto ad un livello di pericolosità idraulica per fenomeni di esondazione moderato ("P1") ed a un livello di rischio elevato ("R3").
- ✓ Quindi, l'area interessata anche se da una parte gode di buone condizioni di stabilità dal momento che non si sono riscontrati processi morfogenetici e dissesti in atto o potenziali e



- non sono presenti agenti geodinamici che possano far presagire un'immediata alterazione del presente stato di equilibrio, dall'altra la presenza di una probabilità di accadimento di fenomeni di esondazione deve destare l'attenzione sulla destinazione e cambio d'uso soprattutto di quei locali e parti dell'opificio che potrebbero essere interessati da tali fenomeni, così come previsto dalle "Norme di Attuazione" del Decreto A.R.T.A. pubblicato nel marzo del 2007, al Capitolo 11 (11.2 - Norme specifiche / Capo II: Assetto Idraulico), all'art. 11, comma 8 e comma 9 e all'art. 12.
- ✓ Dal punto di vista prettamente geologico, la presente indagine ha evidenziato l'affioramento nell'area in studio di un antico materiale di ris ulta con spessori variabili su sedimenti calcarenitico - sabbiosi di deposizione marina che per il suo spessore costituisce il bedrock del lotto indagato ed affiora in un vasto intorno all'area di interesse, con uno spessore non inferiore a 30 metri.
  - ✓ Non sono stati individuati, nell'ambito dell'area esaminata e nelle immediate vicin anze della stessa, importanti direttrici tettoniche recenti e attive, tali da determinare condizioni geologico - strutturali particolarmente sfavorevoli dal punto di vista sismico.
  - ✓ Dal punto di vista idrografico è da evidenziare che nell'ambito dell'area studiata è presente la maggiore direttrice di drenaggio superficiale del territorio: il Fiume Oreto, con foce a sud di S. Erasmo ed a una distanza di 300 ml. in direzione sud - est.
  - ✓ Dal punto di vista idrogeologico, per quanto concerne il presente studio, l'analisi dei dati freaticometrici della zona su cui sorge l'opificio in esame, non esclude la presenza di falde idriche nell'ambito delle porzioni superficiali del sottosuolo. Ed infatti, i dati idrogeologici acquisiti, hanno evidenziato che la superficie freatica si intercetta a circa 4 - 5 metri di profondità dall'attuale piano stradale di Via Tiro a Segno.
  - ✓ L'esecuzione di indagini indirette in situ (due prove sismiche passive con stazione microtremore a stazione singola - HVSR, con tromografo digitale - Tromino) hanno consentito da una parte di determinare il Vs30 indirettamente e dall'altra la buona conoscenza delle caratteristiche geolitologiche e litotecniche del bedrock caratterizzante il sito esaminato (complesso dei sedimenti calcarenitico - sabbioso di deposizione marina) e del suo spessore (sicuramente non inferiore a 30 metri) hanno permesso di classificare, con sufficiente margine di sicurezza, un suolo di fondazione (in ottemperanza alle norme riportate nell'O.P.C.M. n. 3274/03, così come nel più recente Decreto Ministeriale del 15 settembre 2005: "Testo unico sulle costruzioni", sostituito con il Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018 - G.U. n. 42 del 20.02.2018), come uno appartenente alla categoria " B".
  - ✓ Non sono state rilevate, inoltre, tipologie morfologiche, come creste rocciose, scarpate, dorsali, ecc., particolarmente vulnerabile ad un'eventuale sollecitazione sismic a. Però, come ampiamente riportato nei capitoli precedenti, considerata la presenza di un pacco di



materiale di risulta antico di spessore assai vario e, comunque, in corrispondenza dell'ingombro della sagoma dell'opificio di progetto, in caso di terremoti non si possono escludere fenomeni di localizzazione della energia sismica incidente con conseguente esaltazione delle ampiezze delle onde, per effetto di riflessione multipla e di interferenza delle onde stesse entro i depositi delle coperture.

- ✓ Inoltre, per quanto concerne la suscettività sismica, i terreni di fondazione, essendo granulometricamente costituiti da frazione sabbioso-limosa predominante e, inoltre, essendo saturi, possono essere di conseguenza suscettibili a fenomeni di liquefazione spontanea a seguito di interferenze con onde sismiche (fenomeno che, come è noto, può determinare non auspicabili cedimenti differenziati nella struttura da realizzare ed in progetto).
- ✓ Invece, sulla base dei sondaggi sismici eseguiti e dalle conoscenze della zona, il lotto di terreno non è includibile in nessuno degli scenari di pericolosità sismica potenziale di seguito riportati, ossia: 1) - scorrimenti di faglia; 2) - instabilità di pendii; 3) - addensamento di terreni a grana grossa; 4) - subsidenza dei terreni molli a grana fine.

#### 11.2. - Conclusioni

Il sito progettuale e le opere previste dal Programma Costruttivo, sulla base della caratterizzazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica e nel rispetto delle normative vigenti, non costituiscono un elemento di turbativa per l'assetto complessivo dei luoghi. In relazione alla pericolosità geologica, l'area rientra nella categoria con pericolosità bassa ma non irrilevante.

Sotto l'aspetto della pericolosità sismica, non esistono elementi che possano impedire la realizzazione delle opere e degli interventi in progetto nell'area esaminata, con cambio di destinazione d'uso dell'opificio, ma è doveroso ribadire che le indagini effettuate di tipo indiretto, non hanno permesso di avere quanto più esaustivo il quadro di insieme dell'intera area indagata e si rende necessario nonché indispensabile procedere alla esecuzione di ulteriori indagini geognostiche di tipo diretto con campionamenti ed analisi e prove di laboratorio al fine di fugare ogni dubbio al riguardo.

Quindi, per quanto riguarda gli "effetti di sito" dovuti alle situazioni geologiche e morfologiche relativi alle condizioni locali, l'area su cui insiste l'opificio di Via Tiro a Segno n. 24 di "Piano Sant'Erasmus" in Palermo potrebbe rientrare in almeno due casi degli scenari di modificazione del segnale sismico in arrivo al sito su roccia, come: possibile presenza di terreni aventi

caratteristiche tali da innescare fenomeni di liquefazione in presenza di un evento sismico ed amplificazione sismica.

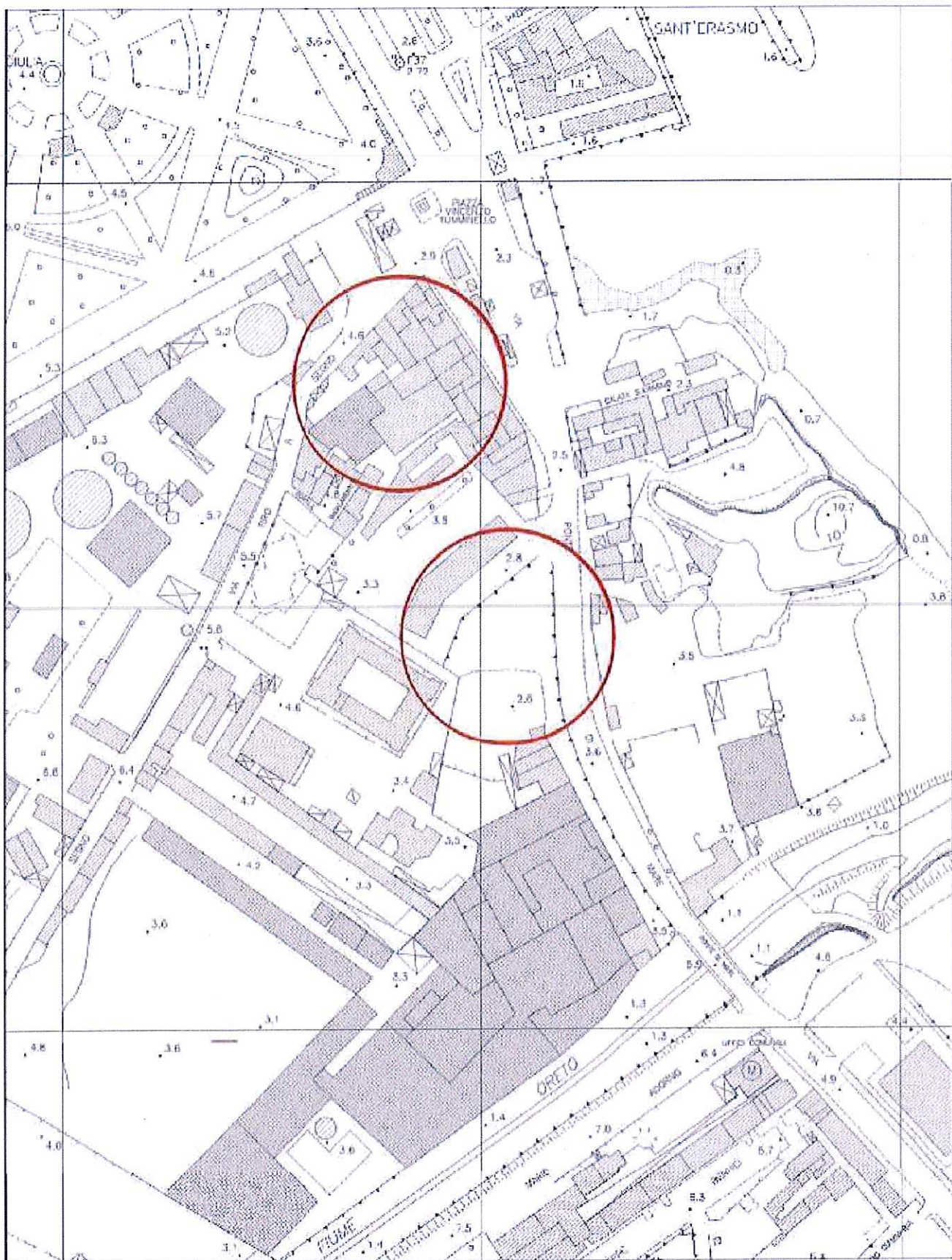
In conclusione, il sito in studio, come evidenziato nella presente relazione geologica, si posiziona ad una distanza di sicurezza rispetto a tutte le fenomenologie delle pericolosità di tipo geologico, geomorfologico, idrografico ed idrogeologico indagate e presenti nel territorio circostante del Comune di Palermo, ma sotto l'aspetto sismico questo deve essere puntualmente verificato.

#### Documentazione allegata in calce

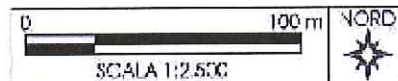
- ✓ Elaborati grafici
  - ✧ "Stralcio aerofotogrammetrico" in scala 1 : 2.500.
  - ✧ "Stralcio di ortofoto" non in scala.
  - ✧ "Stralcio catastale" in scala 1 : 2.000.
  - ✧ "Planimetria generale" in scala 1 : 600.
  - ✧ "Stralcio topografico" in scala 1 : 25.000.
  - ✧ "Carta geologica ed idrogeologica" in scala 1 : 25.000.
  - ✧ "Carta geolitologica e litotecnica" in scala 1 : 1.000.
  - ✧ "Stralci delle carte del P.A.I." in scala 1 : 10.000.
  - ✧ "Carta delle pericolosità geologiche" in scala 1 : 1.000.
  - ✧ "Carta della pericolosità sismica" in scala 1 : 1.000.
  - ✧ "Sezioni geolitologiche" in scala 1 : 200 con "Planimetria sezioni & Legenda" non in scala.
  
- ✓ Relazione sismica

*Il Geologo*  
*Dt. Mario Pischedda*  
*O.R.G.S. n.2127*

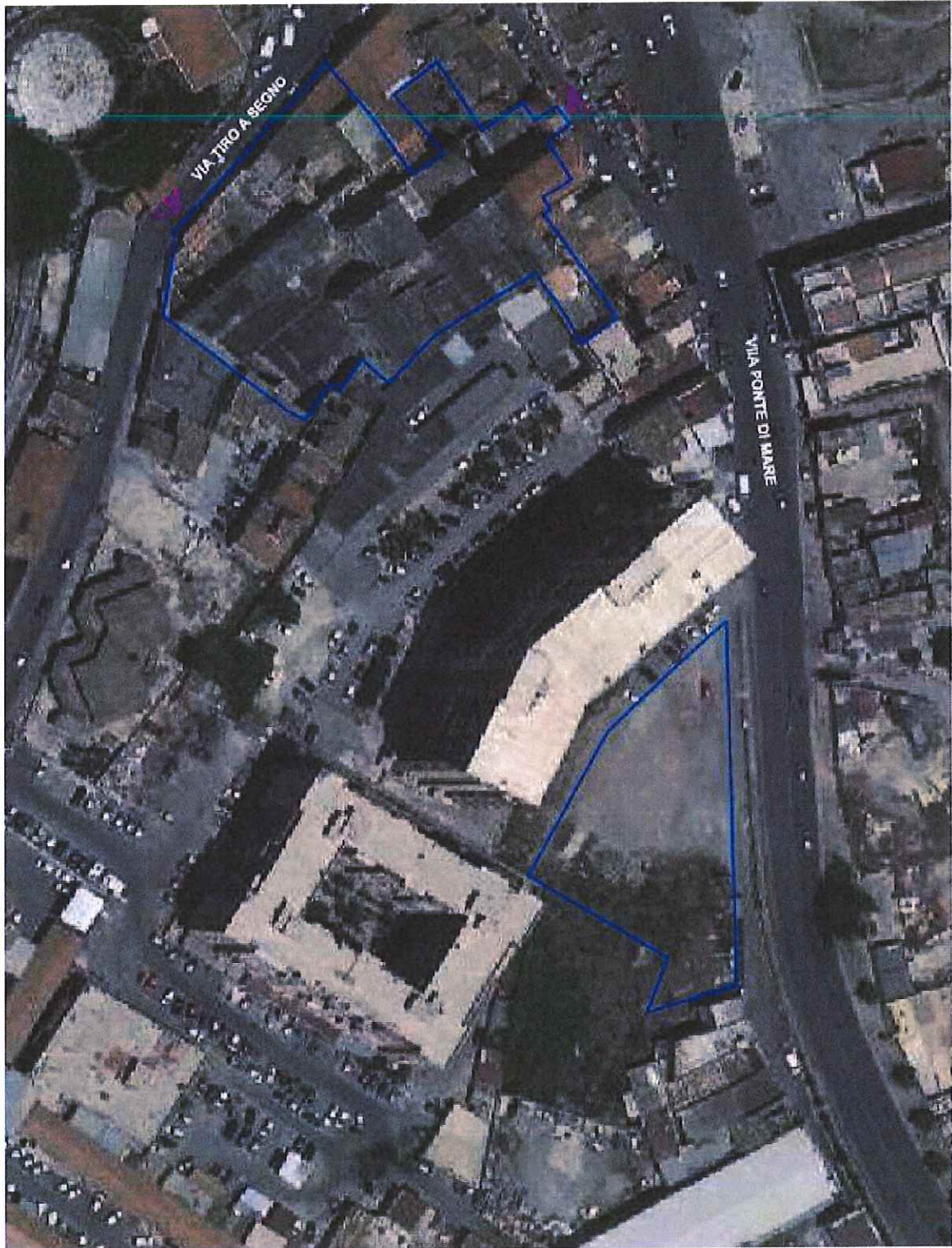




STRALCIO AEROFOTOGRAMMETRICO







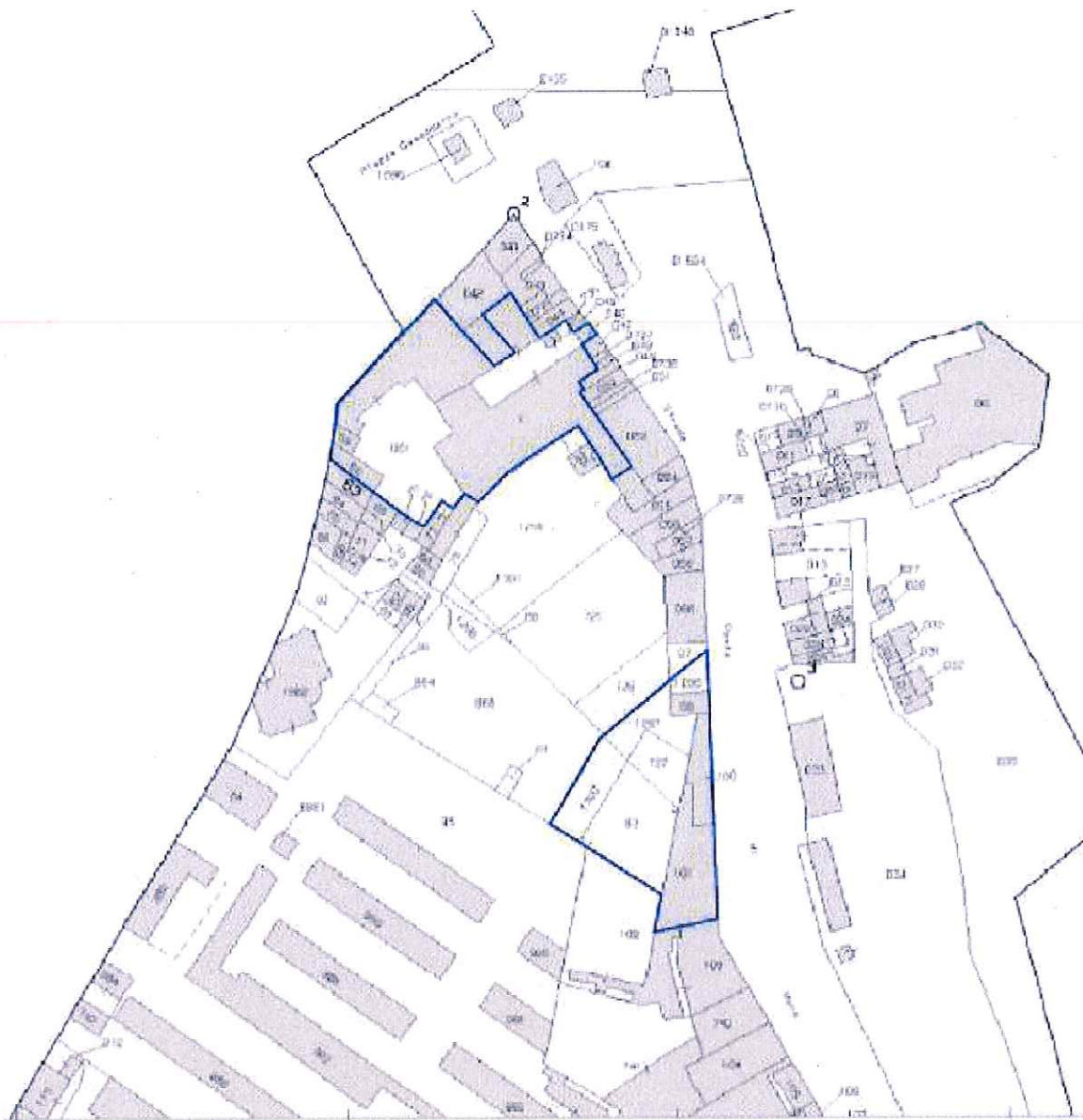
Legenda & Simbologia

— Delimitazione delle aree sottoposte a pianificazione

STRALCIO di ORTOFOTO

con sovrapposizione dell'area di intervento con ingresso  
da Via Tiro a Segno n. 24 e da Via Ponte di Mare

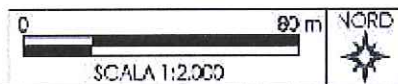




Pa.1

**STRALCIO CATASTALE**

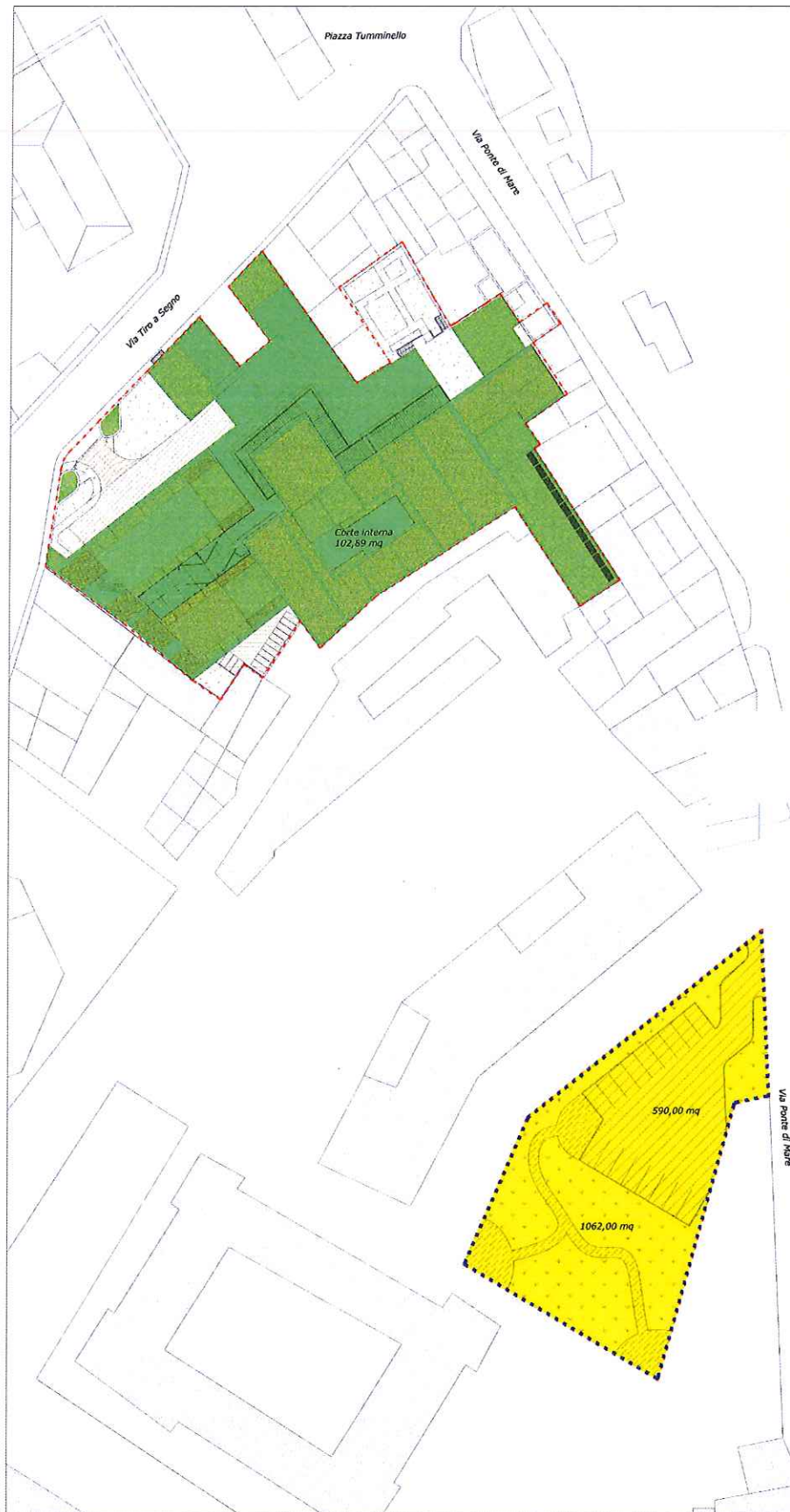
N.C.E.U. / N.C.T. del Comune di Palermo, Foglio di Mappa n. 64  
 Particella n. 61 (sub. 7 e 43, sub. 9 graffata con la Particella n. 61  
 - sub. 8) & Particelle nn. 82, 99, 100, 101, 727, 1296, 1297 e 1300.











Perimetro area d'intervento	
Spazi aperti	2761,23 mq
Verde aperto	176,41 mq
Parcheggio esterno	87,54 mq
Spazi aperti di buco	1315,81 mq
Aree pedonali	629,50 mq
Aree a verde	526,43 mq
Aree da vedere	1522,00 mq
Parcheggi pubblici	590,00 mq
Verde pubblico	1062,00 mq

Destinazioni d'uso

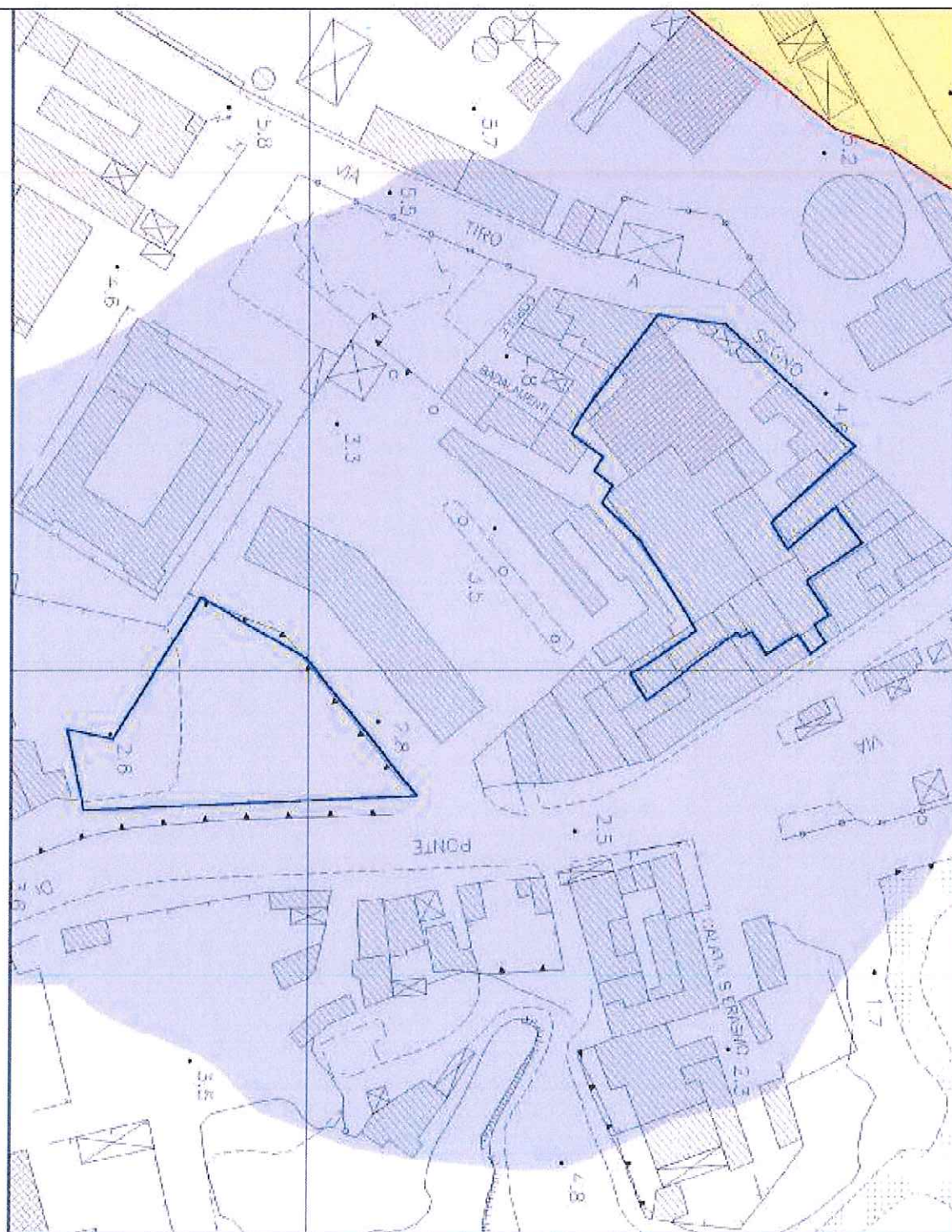














LEGENDA & SIMBOLOGIA GEOLITOLOGICA

- 
**Materiale di risulta antico**  
 Materiale allo stato sciolto o sparsamente addensato, costituito prevalentemente da teneri sabbie-finisci e limi argillosi di colore brunoastro e dovuti ad accumulo fluvio-lacustre, mascherati da materiale di riporto antichico di varia pezzatura e rappresentato da frammenti e da noduli calcarenilli, glistoli e cocci di terracotta.
  
- 
**Sedimenti calcarenillio - sabbiosi**  
 Calcarenilli e calciludii distillico-organogeni a grano vario, di colore giallastro ed a cemento prevalentemente calcifico e grado di cementazione da medio ad elevato (tenaci). In strati generalmente sub-orizzontali, dismetrlici e con struttura nodulare discontinua, talora vacuolari con intercalazioni lenticolari di sabbie grosse addensate con limi e noduli calcarenillici, passanti gradualmente in profondità a sabbie grosse (sabbione) e ghiaie giallastre costituite da elementi calcarenillici arrotondati e/o ciassi ben serratii in una matrice di sabbia addensata, a Loghi intercalata da straliferi centimetrici ben cementati.

 Limite stratigrafico o confine litologico.

 Aree in esame.

LEGENDA & SIMBOLOGIA LITOTECNICA

- Materiale di risulta antico - "G2c"**  
**Sabbie fini e limi sabbiosi inglobanti frammenti spigolosi ed arrotondati.**
  
- Sedimenti calcarenillio - sabbiosi - "G3"**  
**Sabbie cementate a legante calcifico ("C2") con grado di cementazione da medio ("C2.2") ad elevato ("C2.3").**





Regione Siciliana  
Assessorato Territorio e Ambiente  
DIREZIONE REGIONALE DEL TERRITORIO, DELL'AMBIENTE E DEL PAESAGGIO  
DIREZIONE REGIONALE DEL BACIN

# Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) Bacino Idrografico del F. Oreto (039) Area territoriale tra il bacino del F. Oreto e Punta Raisi (040)



CARTA DELLA PERICOLOSITA' E DEL  
RISCHIO GEOMORFOLOGICO N° 08

Palermo  
CORSO  
Scala 1:10.000



Anno 2005

## LEGENDA

### LIVELLI DI PERICOLOSITA'

- P0 basso
- P1 moderato
- P2 medio
- P3 elevato
- P4 molto elevato

### LIVELLI DI RISCHIO

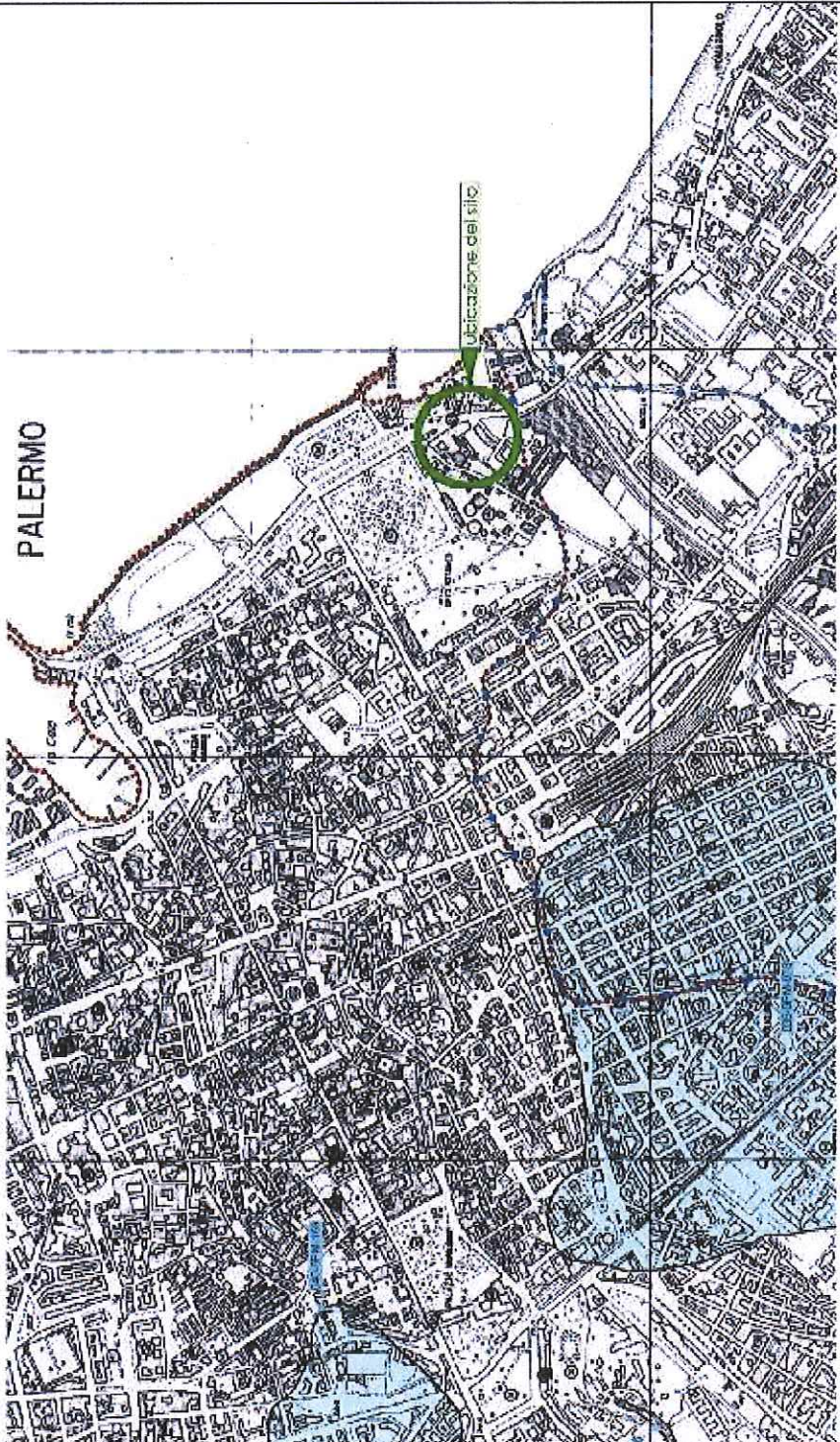
- R1 moderato
- R2 medio
- R3 elevato
- R4 molto elevato

Sito di affossamento

Limite bacino idrografico

Limite area territoriale

Limite comunale



STRALCIO della CARTA de P.A.I.

base cartografica: Carta Tecnica Regionale, Sezione n. 595030 - "PALERMO".







### Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)

Bacino Idrografico del F. Oreto (039)  
Area territoriale tra il bacino del F. Oreto  
e Punta Raisi (040)



### CARTA DEL RISCHIO IDRAULICO PER FENOMENI DI ESONDAZIONE N° 09

COMUNE  
PALERMO

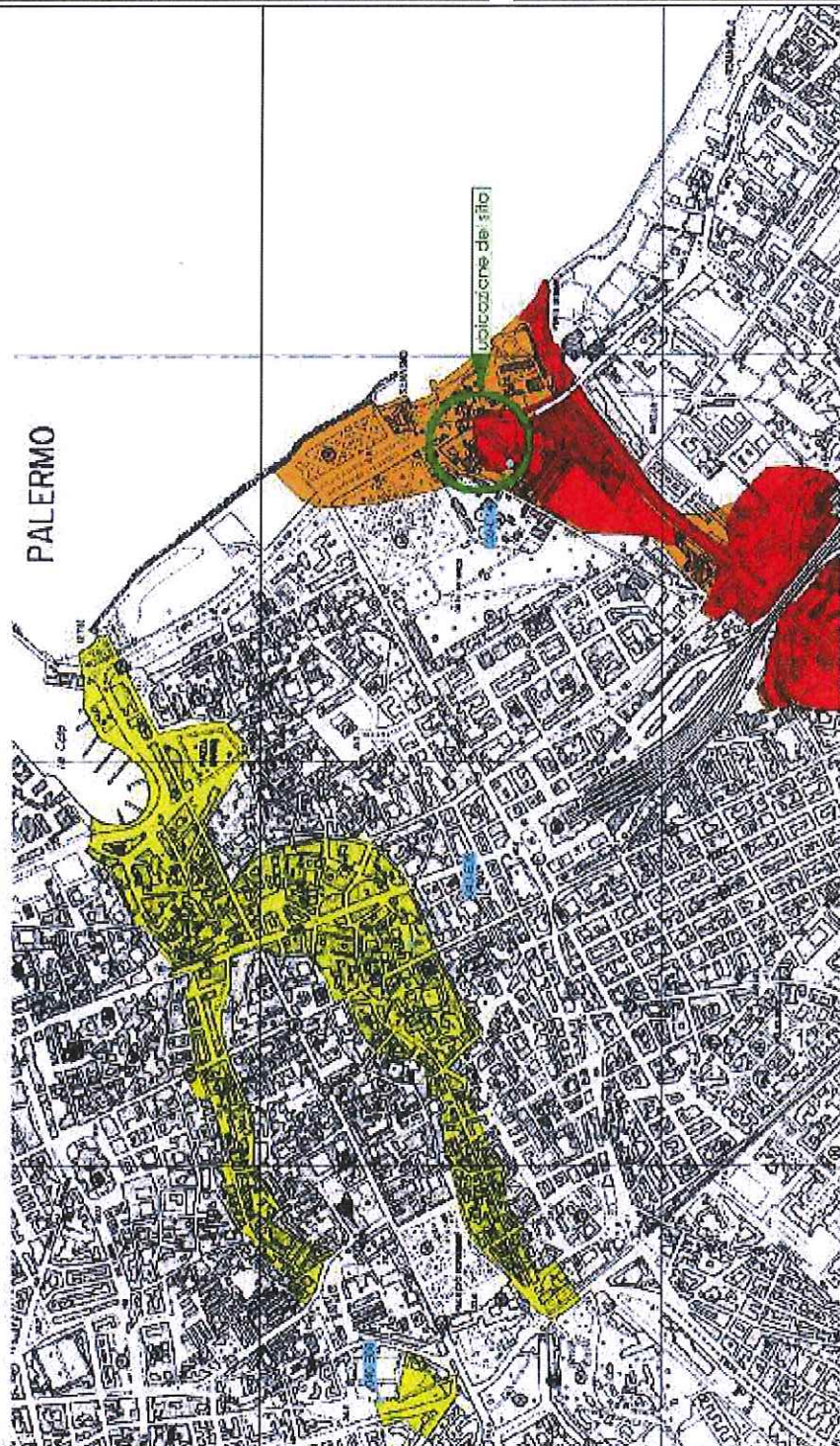
Scala 1:10.000



Anno 2006

### LEGENDA

- R1 Rischio moderato
- R2 Rischio medio
- R3 Rischio elevato
- R4 Rischio molto elevato
- Limite bacino idrografico
- Limite zona urbanizzata
- Limite comunale



STRALCIO della CARTA de P.A.I.

base cartografica: Carta Tecnica Regionale, Sezione n. 59/5050 - "PALERMO".







**Piano Stralcio di Bacino  
per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)**  
Bacino Idrografico del F. Oreto (038)  
Area territoriale tra il bacino del F. Oreto  
e Punta Raisi (040)



**CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA  
PER FENOMENI DI ESCONDAZIONE N° 09**

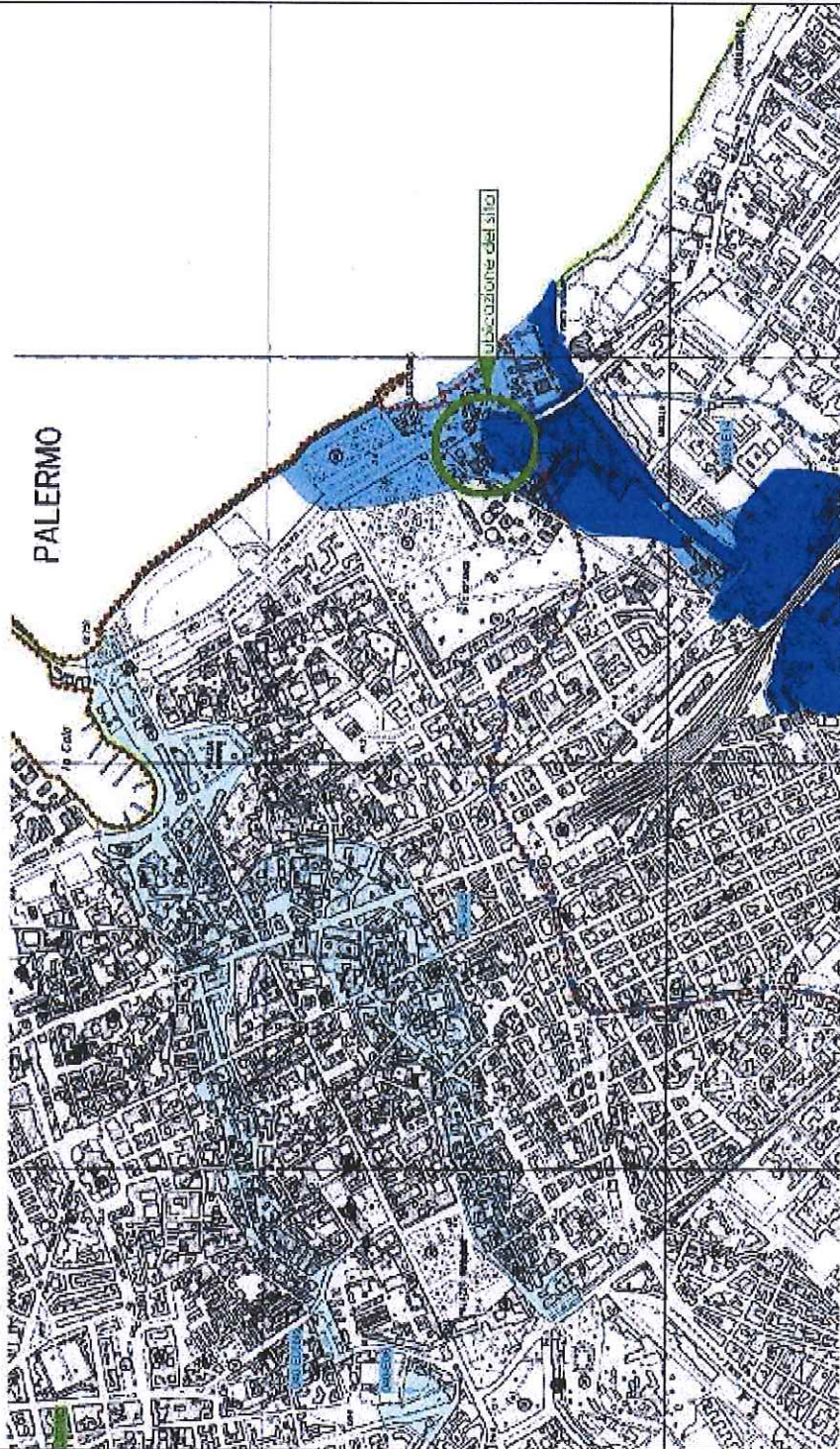
Autore  
CNR-IRPI  
Scala 1:10.000



Anno 2006

**LEGENDA**

- P1 Pericolosità moderata
- P2 Pericolosità media
- P3 Pericolosità elevata
- P4 Pericolosità molto elevata
- Sito di interesse
- Limite bacino idrografico
- Limite area territoriale
- Limite comune

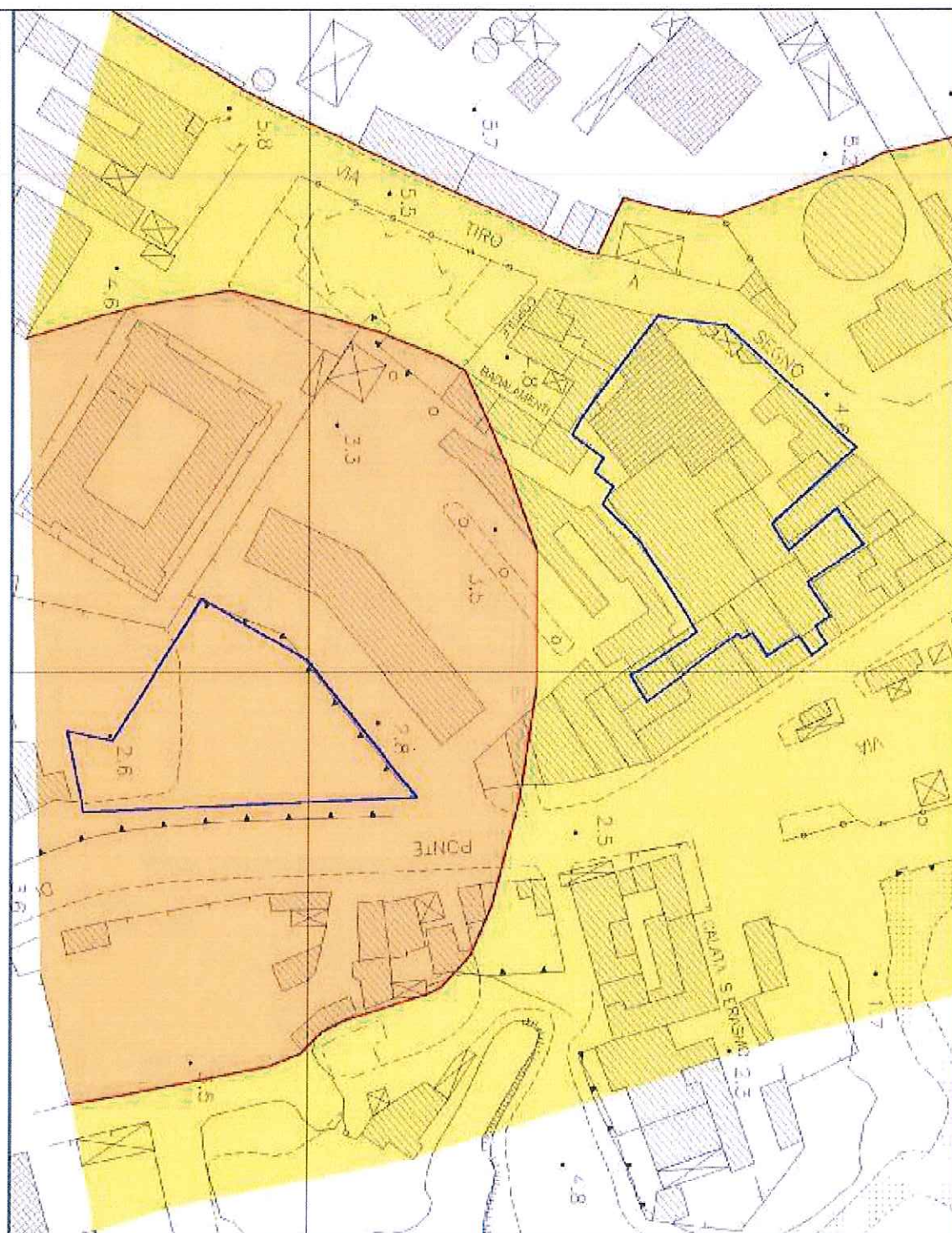


STRALCIO della CARTA del P.A.I.

base cartografica: Carta Tecnica Regionale, Sezione n. 595050 - "PALERMO".








LEGENDA & SIMBOLOGIA

**P0** - Pericolosità irrilevante: aree con assenza di forme o processi geomorfologici attivi o quiescenti, di fattori geologici e/o morfologici predisponenti l'attivazione di processi morfoevolutivi e/o soggette a fenomeni di esondazione.

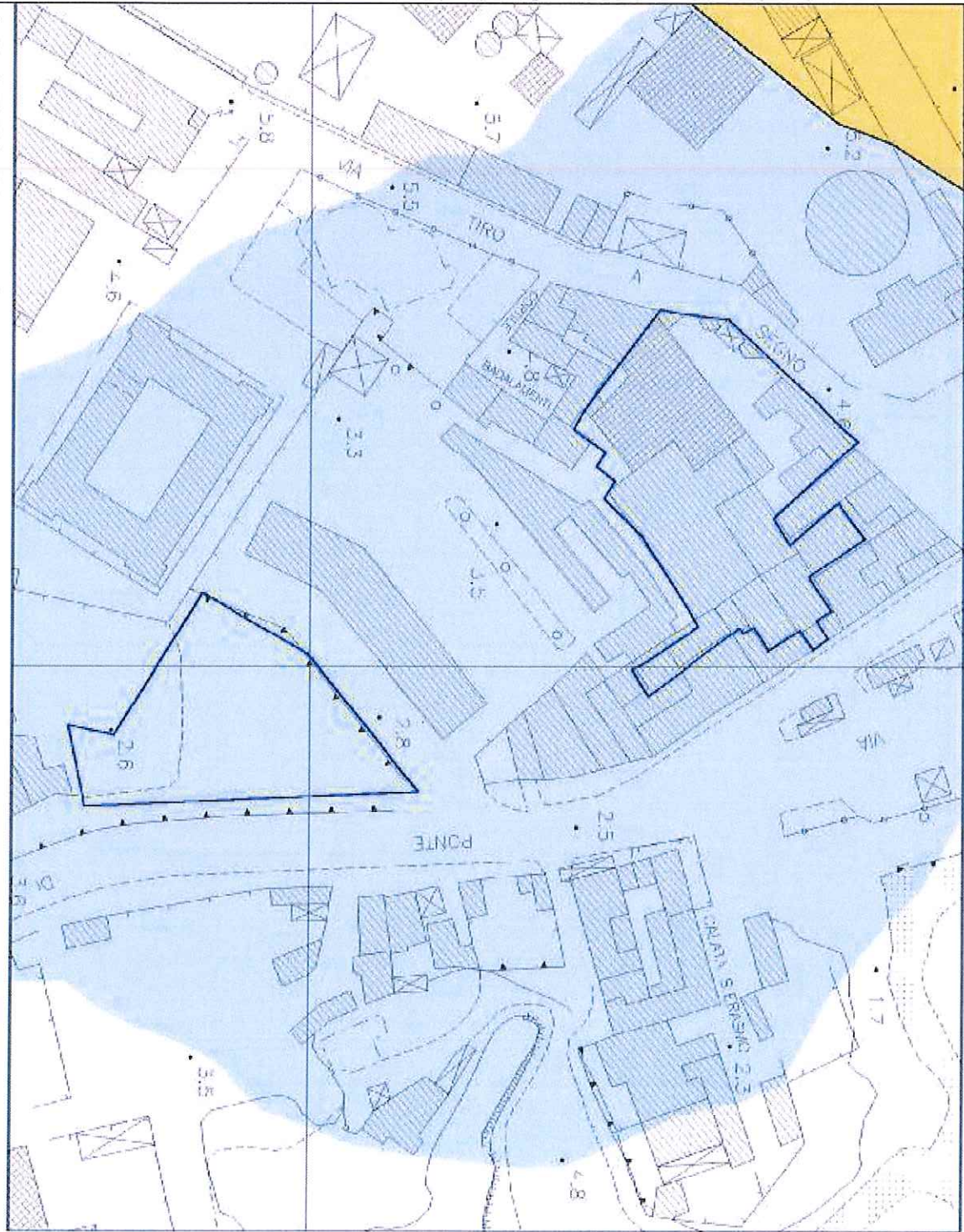
**P1** - Pericolosità bassa: le zone di questa classe corrispondono a situazioni geologico - tecniche apparentemente stabili ma con un livello di pericolosità idraulica moderata per fenomeni di esondazione.

**P2** - Pericolosità media: area interessata da pericolosità idraulica media per fenomeni di esondazione.


 Confine litologico.


 Area in esame.







LEGENDA & SIMBOLOGIA

- 

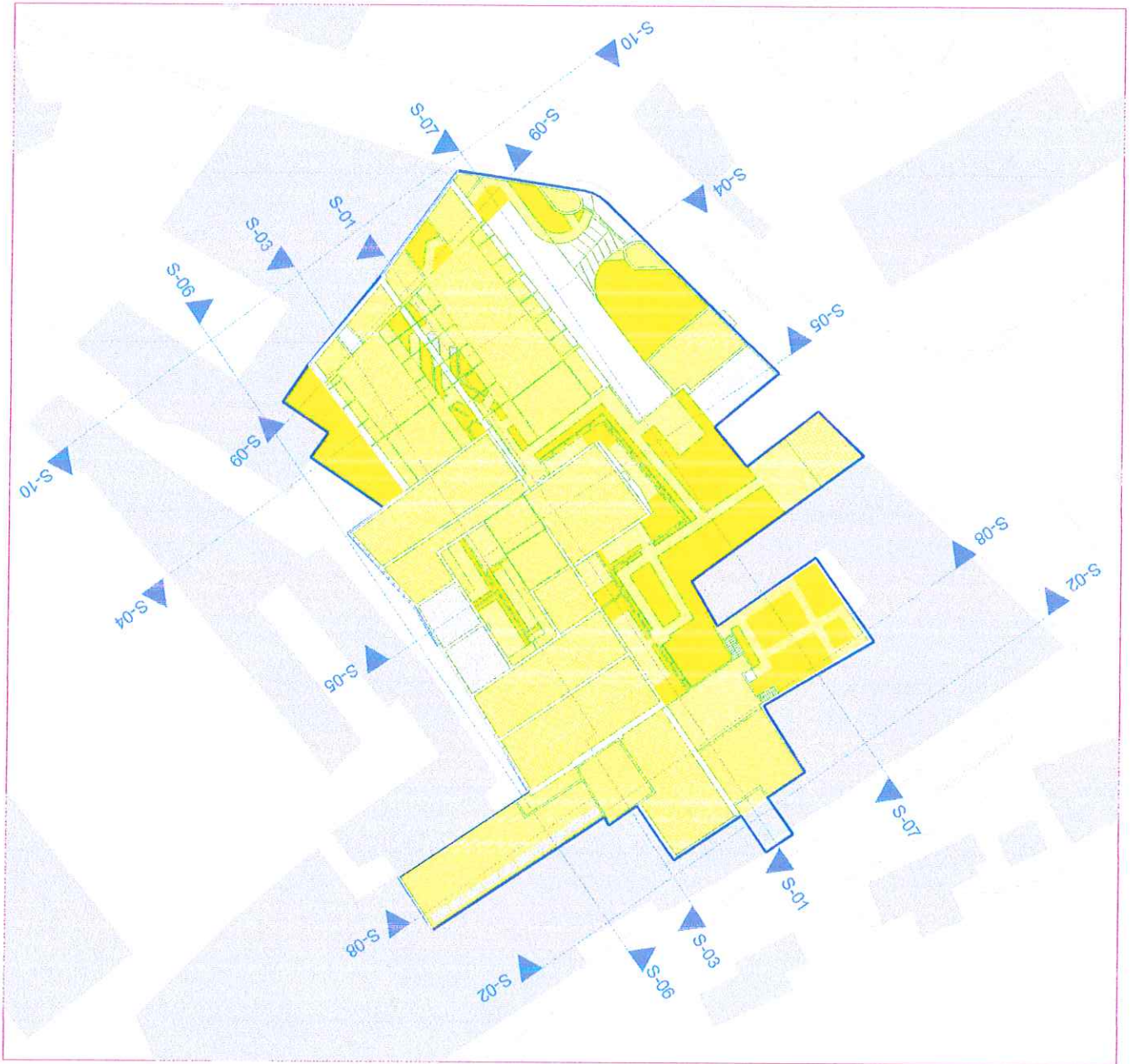
Zone stabili, nelle quali non si ipotizzano effetti locali di rilievo di alcuna natura (substrato geologico in affioramento con morfologia pianeggiante o poco inclinata - Pendii con inclinazione inferiore a 15°).
- 

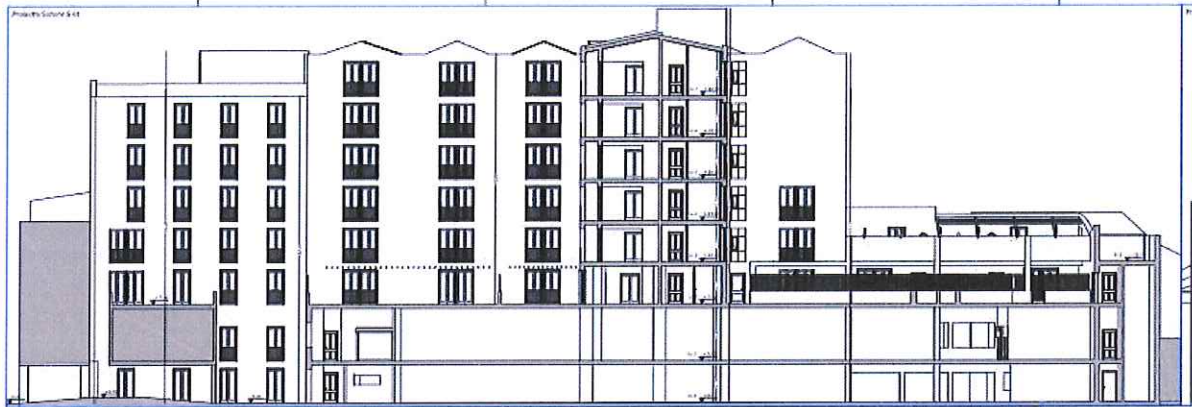
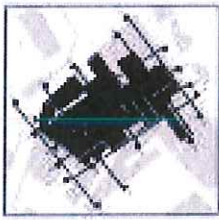
Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico, come effetto sia de l'assetto litostratigrafico che morfologico locale.
- 

Contine litologico.
- 

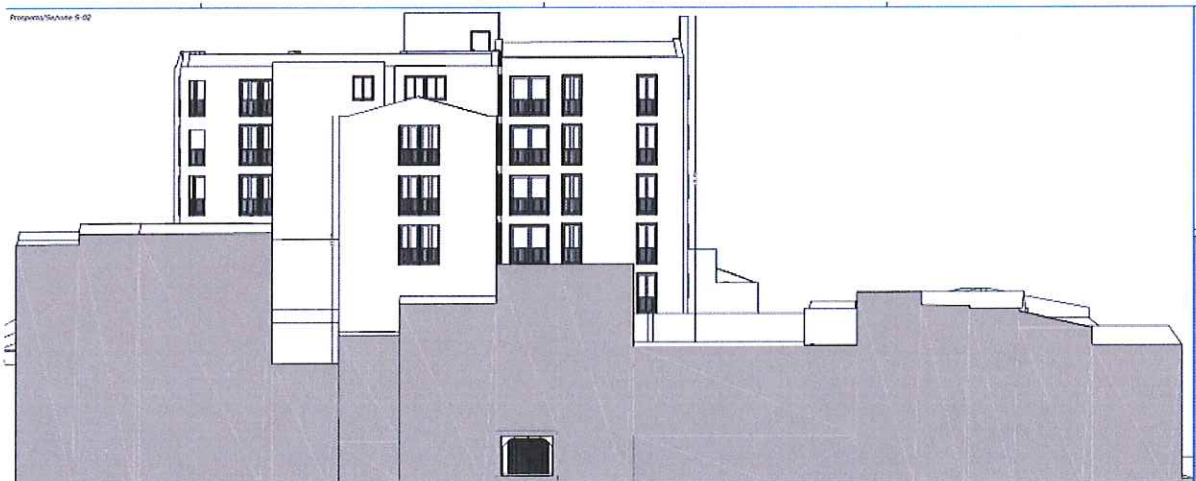
Area in esame



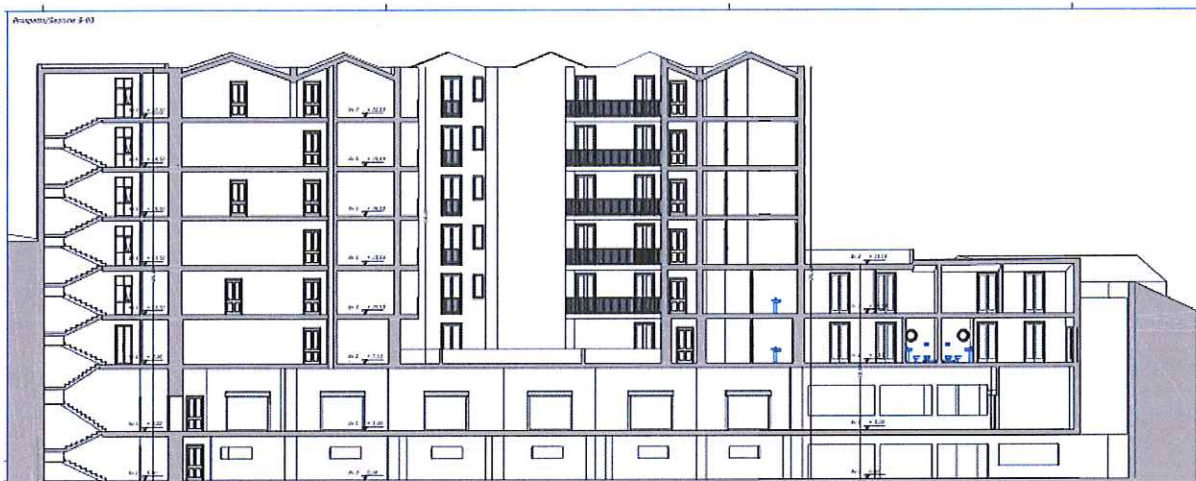




Prospetto/ sezione S 0-1



Prospetto/ sezione S 0-2

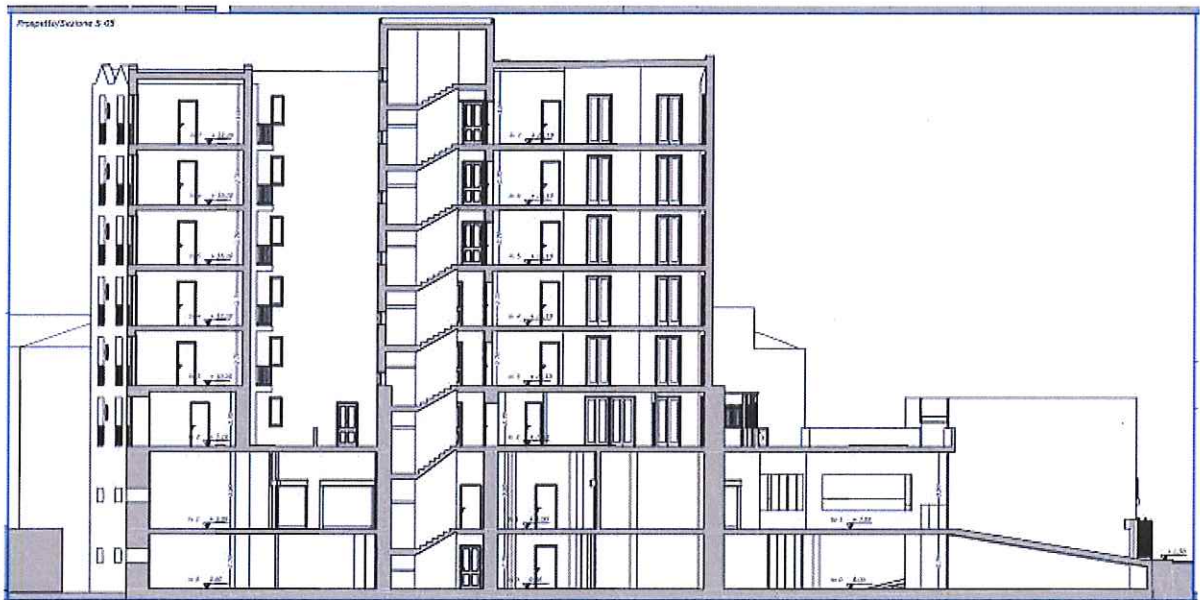


Prospetto/ sezione S 0-3

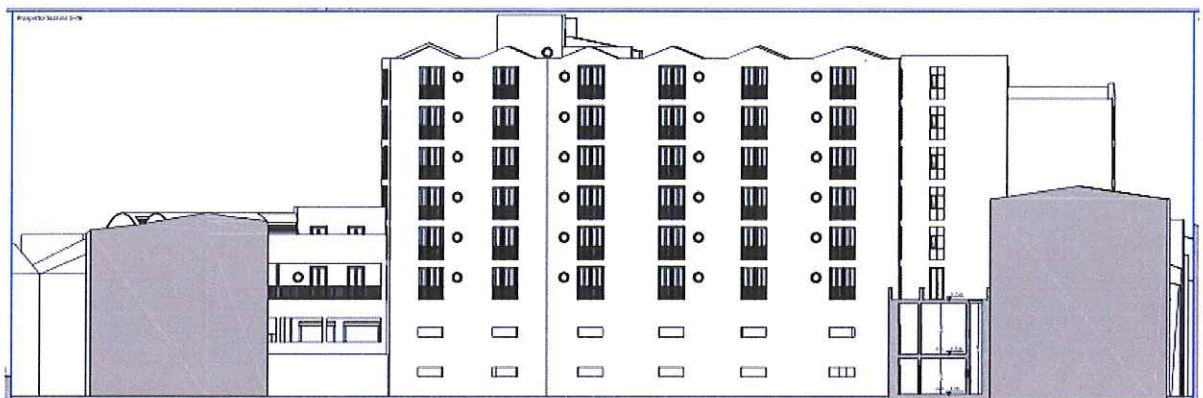




Prospetto/sezione S 0-4



Prospetto/sezione S 0-5



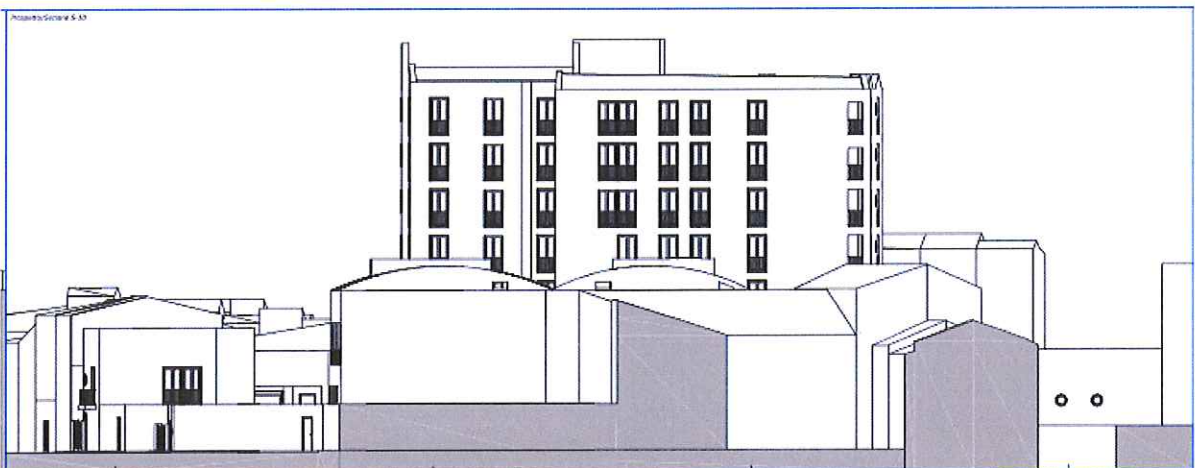
Prospetto/sezione S 0-6



Prospetto/sezione S 0-7



Prospetto/sezione S 0-8



Prospetto/sezione S 0-8



## INDICE

---

CAPITOLO I	-	PREMESSA	PAG. 1
PARAGRAFO 1.1	-	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	PAG. 1
PARAGRAFO 1.2	-	CENNI SULLA METODOLOGIA D'INDAGINE HVSr	PAG. 2
CAPITOLO II	-	GENERALITÀ SULLE INDAGINI SISMICHE PASSIVE ESEGUITE	PAG. 4
PARAGRAFO 2.1	-	STRUMENTAZIONE	PAG. 4
PARAGRAFO 2.2	-	UBICAZIONE DELLE INDAGINI SISMICHE PASSIVE	PAG. 4
CAPITOLO III	-	ELABORAZIONE DEI DATI DELLE PROVE SISMICHE PASSIVE	PAG. 5
CAPITOLO IV	-	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	PAG. 15
PARAGRAFO 4.1	-	CLASSIFICAZIONE DEL SUOLO DI FONDAZIONE	PAG. 15
PARAGRAFO 4.2	-	PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE ED INDICAZIONI PER LA VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA	PAG. 16
PARAGRAFO 4.3	-	SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE	PAG. 17
PARAGRAFO 4.4	-	CENNI DI MICROZONAZIONE SISMICA LOCALE E STIMA DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE	PAG. 24
PARAGRAFO 4.5	-	CLASSIFICAZIONE SISMICA GENERALE DELL'AREA E RISULTATI FINALI	PAG. 24

## CAPITOLO I - PREMESSA

Lo scrivente Geologo Dott. Mario Pischedda, libero professionista iscritto al n. 2127 dell'Albo Regionale dei Geologi di Sicilia, su incarico conferito dal Signor Bertolino Giovanni, ha eseguito due (2) prove sismiche passive con stazione microtremore a stazione singola - HVSR, con tromografo digitale - TROMINO, finalizzate alla caratterizzazione sismica del sottosuolo di un opificio sito nel territorio del Comune di Palermo presso il "Piano Sant'Erasmus" con ingresso dalla via Tiro a Segno n. 24, identificato nel N.C.E.U. al Foglio di Mappa n. 64 alla Particella n. 61 - sub 7 e nel N.C.T. al Foglio di Mappa n. 64 alle Particelle n.n. 82, 99,727, 1296, 1297 e 1300, relativamente al "PROGRAMMA COSTRUTTIVO PER LA TRASFORMAZIONE DEL COMPLESSOIMMOBILIARE DENOMINATO EX "MOLINI VIRGA", SITO IN VIA TIRO A SEGNO N. 24, DA OPIFICIO A RESIDENZA PER LA REALIZZAZIONE DI N. 68 ALLOGGI DI EDILIZIA AGEVOLATA CONVENZIONATA, AUTORIMESSA COLLETTIVA E CANTINE, DI PROPRIETA' DEL SIGNOR GIOVANNI BERTOLINO" - RIGENERAZIONE URBANA DELL'AREA EX "MOLINI VIRGA" IN PIANO SANT'ERASMO.

### PARAGRAFO 1.1 - NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Decreto Ministeriale dei Lavori Pubblici - D.M. LL.PP. del 11.03.1988: "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".

Decreto Ministeriale dei Lavori Pubblici - D.M. LL.PP. del 14.02.1992: "Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche".

Decreto Ministeriale - D.M. del 09.01.1996: "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche".

Decreto Ministeriale - D.M. del 16.01.1996: "Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi".

Decreto Ministeriale - D.M. del 16.01.1996: "Norme tecniche per costruzioni in zone sismiche".

Circolare Ministeriale dei Lavori Pubblici - C.M. LL.PP. n° 252 del 15.10.1996 AA.GG. / S.T.C.: "Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. del 09.01.1996".

Circolare Ministeriale dei Lavori Pubblici - C.M. LL.PP. n° 252 del 15.10.1996 AA.GG.: "Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. del 16.01.1996".



Ordinanza del Presidente dei Ministri - O.P.C.M. n° 3274 del 20.03.2003: "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".

Norme Tecniche per le Costruzioni:

1. Decreto Ministeriale - D.M. del 14.09.2005. Gazzetta Ufficiale n° 222 del 23.09.2005. Supplemento Ordinario n° 159
2. Decreto Ministeriale - D.M. del 14.01.2008. Gazzetta Ufficiale n° 29 del 04.02.2008. Supplemento Ordinario n° 30
3. Decreto Ministeriale - D.M. del 17.01.2018. Gazzetta Ufficiale n° 42 del 20.02.2018. Supplemento Ordinario n° 42

Eurocodice 7: "Progettazione geotecnica - Parte 1: Regole generali".

Eurocodice 8: "Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici".

PARAGRAFO 1.2 - CENNI SULLA METODOLOGIA DI INDAGINE HVSR

È stata effettuata nell'ambito di tale progettazione il metodo sismico passivo, o meglio, è stata eseguita una analisi sismica passiva con la metodologia HVSR.

La tecnica HVSR, a fini di questo lavoro, è stata impegnata come elemento di base rispetto ad altre prove, in quanto non è invasiva, non è necessario eseguire perforazioni o scavi, limitando sia il tempo per l'esecuzione della stessa che, soprattutto, i costi.

Le basi teoriche di questa tecnica si basano sul rumore sismico ambientale (*Castellaro et alii*, 2005), presente ovunque sulla superficie terrestre e generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica oltre che, ovviamente, dall'attività dinamica terrestre. Rumore sismico ambientale che viene anche chiamato: "microtremore" in quanto riguarda oscillazioni molto piccole ( $10^{-15}$  [m/s<sup>2</sup>]<sup>2</sup> in termini di accelerazione), molto più piccole di quelle indotte dai terremoti nel campo vicino.

I metodi che si basano sulla sua acquisizione si dicono passivi in quanto il rumore non è generato "ad hoc", come ad esempio le esplosioni della sismica attiva. A tale andamento generale, che è sempre presente, si sovrappongono le sorgenti locali: antropiche (traffico, industrie, ma anche il semplice passeggiare di una persona) e naturali, che però si attenuano fortemente a frequenze superiori a 20 Hz, a causa dell'assorbimento anelastico originato dall'attrito interno delle rocce.

Metodo reso popolare principalmente da *Nakamura* (1989), come strumento per determinare l'amplificazione sismica locale, ed è ampiamente riconosciuto che l'HVSR è in grado di fornire stime affidabili delle frequenze principali di risonanza dei sottosuoli, informazione che è di notevole importanza nell'ingegneria sismica.

Riconosciuta questa capacità e dato che, se è disponibile una stima delle velocità delle onde elastiche, le frequenze di risonanza possono essere convertite in stratigrafia, ne risulta che il metodo *HVSR* può essere in linea di principio usato come strumento stratigrafico.

In altre parole la frequenza fondamentale di risonanza ( $f_r$ ) dello strato di terreno  $N$  relativa alle onde  $S$  è dato dalla seguente equazione:

$$f_r = V_s / 4 H$$

in cui:  $V_s$  è la velocità media delle onde  $S$  nello strato  $N$  ed  $H$  è lo spessore di terreno indagato.

Teoricamente questo effetto è sommabile cosicché la curva *HVSR* mostra, come massimi relativi, le frequenze di risonanza dei vari strati. Questo, insieme ad una stima delle velocità che è solitamente disponibile almeno a livello di massima, è in grado di fornire previsioni sullo spessore  $H$  degli strati.

Tale informazione è per lo più contenuta 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, quando le registrazioni vengono effettuate in momenti con rumore di fondo più o meno alto, per: a) il contenuto in frequenza; b) la risposta strumentale; c) l'ampiezza del segnale.

Tutte le registrazioni dei microtrempi presentate in questo studio sono state effettuate con il tromografo digitale TROMINO che è uno strumento progettato specificamente per l'acquisizione del rumore sismico. Mentre i risultati di ciascuna analisi presentati in questo lavoro sono stati ottenuti con il software "GRILLA" in dotazione a TROMINO.

Software "GRILLA" che, per ciascuna delle 3 componenti del moto: divide il tracciato acquisito in finestre di lunghezza  $L$  (in questo lavoro generalmente 20 s); elimina il trend da ciascuna finestra; ne fa il "taper" con una finestra Bartlett; fa il "pad" di ciascuna finestra con degli zero; calcola la trasformata di Fourier (FFT) per ciascuna finestra; calcola lo spettro di ampiezza per ciascuna finestra; liscia lo spettro di ogni finestra secondo la funzione di liscio  $f$  e calcola il rapporto spettrale *HVSR* ad ogni frequenza, per ciascuna finestra.

La funzione *HVSR* finale è data dalle media degli *HVSR* di ciascuna finestra.

Per produrre l'*HVSR* finale le componenti orizzontali sono mediate tra loro con la media quadratica e vengono poi divise per la componente verticale.

Tutti i grafici presentati in questo lavoro, sono stati ottenuti con liscio secondo finestre triangolari con ampiezza pari a 10% della frequenza centrale.



## CAPITOLO II - GENERALITÀ SULLE INDAGINI SISMICHE PASSIVE ESEGUITE

### PARAGRAFO 2.1 - STRUMENTAZIONE

Lo strumento progettato ed usato specificamente per l'acquisizione del rumore sismico o dei microtremori presenti sulla superficie terrestre è: TROMINO, un tromografo digitale.

Si tratta di un apparecchio portatile compatto di circa 10 x 7 x 14 cm. ed 1 Kg. di peso, dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati Nord - Sud, Est - Ovest e verticalmente; alimentato da 2 batterie AA da 1,5 V, fornito di GPS interno e senza alcun cavo esterno.

Nello specifico, il tromografo digitale in uso è il TROMINO ENGy, come si può vedere nello Allegato 1 - Documentazione fotografica, in calce alla stessa, che oltre a misurare ad alta risoluzione il rumore sismico ambientale viene impiegato anche nella misura delle vibrazioni degli edifici.

ENGy, infatti, è la diminuzione di ENGINEERING.

### PARAGRAFO 2.2 - UBICAZIONE DELLE PROVE SISMICHE PASSIVE

Essendo il TROMINO di piccole dimensioni è facilmente posizionabile su qualsiasi superficie, sia terreno che pavimentazione, richiedendo poco spazio e facilità di applicazione.

L'acquisizione avviene tramite dei piedini (corti per posizionamento su terreni duri e pavimentazioni; lunghi per posizionamento su terreni soffici) che non sono altro che dei velocimetri attraverso i quali si intercetta il segnale in ciascun sito per un tempo  $t$  di 20 minuti ( $t = 00 \text{ h, } 20', 00''$ ) e digitalizzato a 24 bit, che viene prima registrato in una memoria interna e poi, una volta scaricato su PC, letto ed interpretato dal software "GRILLA" in dotazione a TROMINO.

### CAPITOLO III - ELABORAZIONE DEI DATI DELLE PROVE SISMICHE PASSIVE

Di seguito sono presentate le elaborazioni delle risposte sismiche del terreno nei punti indagati.

**LOCALITA':** località "Piano Sant'Erasmus" - Palermo / Riferimento Indagini Grilla 361\_03

Instrument: TEP-0084/01-10

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h20'00",

Analyzed 63% trace (manual window selection)

Sampling frequency: 128 Hz

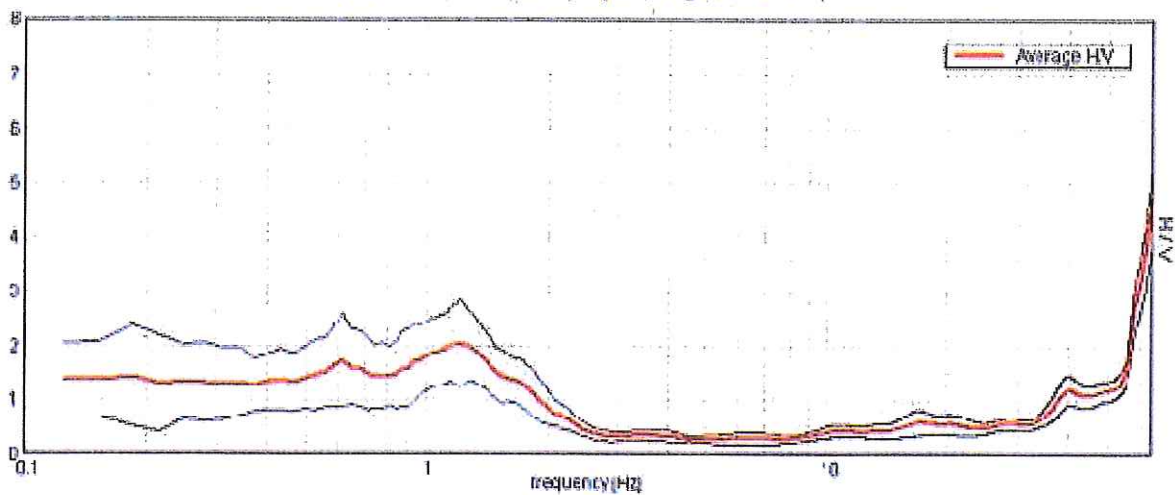
Window size: 20 s

Smoothing window: Triangular window

Smoothing: 10%

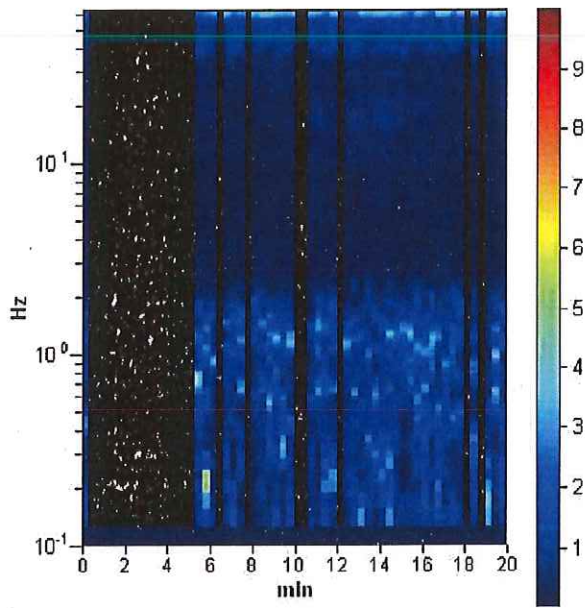
#### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

Max. HV at 03.57 ± 3.44 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz)

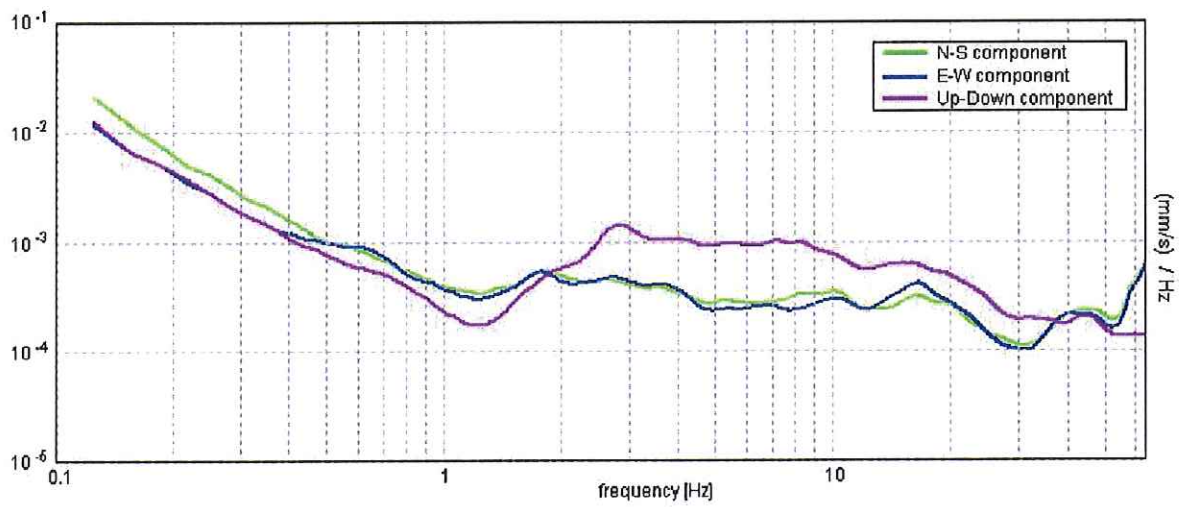




### H/V TIME HISTORY

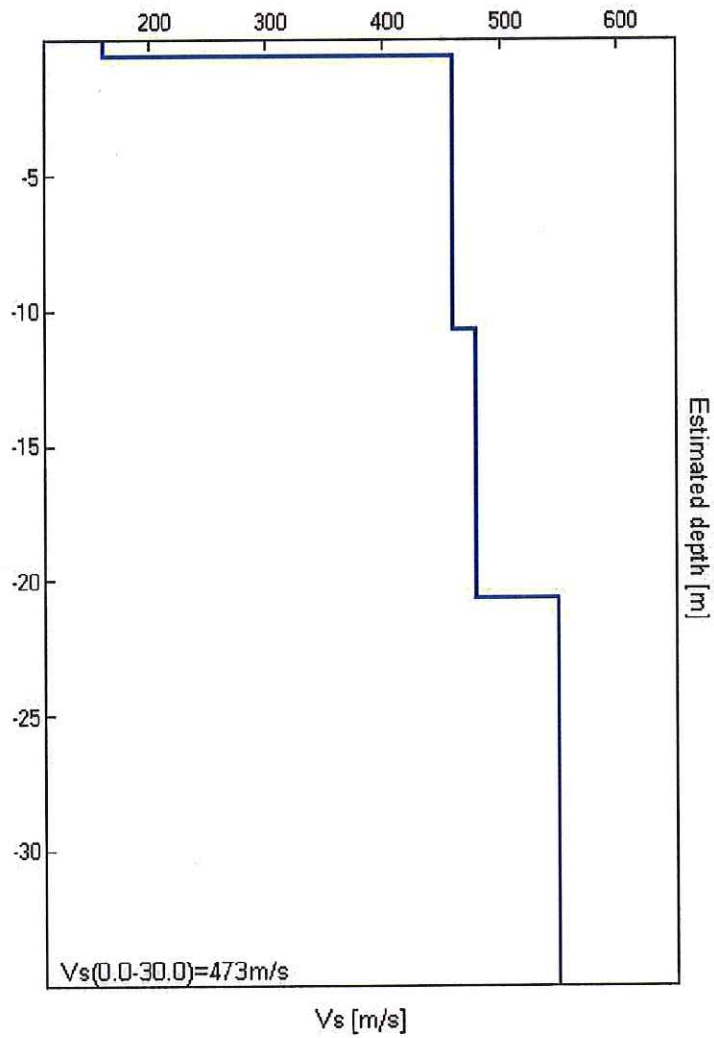
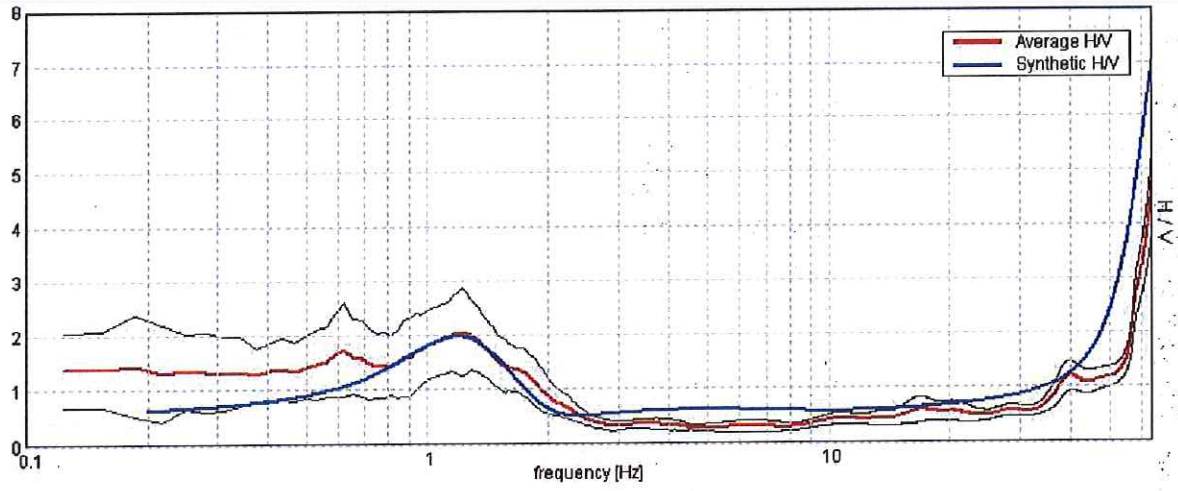


### SINGLE COMPONENT SPECTRA



### EXPERIMENTAL VS. SYNTHETIC H/V

Max. H/V at  $63.97 \pm 3.44$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).





In particolare, grazie a questo tipo di analisi sismica passiva, è stato possibile identificare dei picchi, che rappresentano le variazioni di impedenza delle varie litologie attraversate, ed attraverso la tecnica *HVSR*, è stato possibile, in definitiva, individuare il substrato rigido di riferimento o "bedrock".

Nelle figure della pagina precedente, si evidenziano picchi che rappresentano i sismostrati evidenziati nella seguente tabella:

COLONNA SISMOSTRATIGRAFICA						
Sismostrato	Descrizione litologica	H	Z	D	$\nu$	$V_s$
		[m]	[m]	[t/m <sup>3</sup> ]	[-]	[m/s]
		Spessore	Profondità	Densità	Mod. di Poisson	Velocità trasversale
1	Materiale di risulta costituito da sabbie limose e limi sabbiosi con trovanti litici informi e con abbondante cocci e riporti antropici di varia natura	0,60	- 0,60	1,7	0,39	162
2	Banchi calcarenitici variamente cementati con intercalati lenti e livelli sabbiosi ben addensati	10,10	- 10,70	1,9	0,33	460
3	Banchi calcarenitici tenaci e ben cementati con intercalati lenti e livelli sabbiosi addensati	10,00	- 20,70	2,0	0,32	480
4	Banchi calcarenitici tenaci e ben cementati con intercalati lenti e livelli sabbiosi ben addensati	> 30,00	> - 30,00	2,1	0,31	550

Il parametro  $V_{s30}$  rappresenta la velocità media di propagazione delle onde S entro 30 metri di profondità (al di sotto del piano di fondazione) ed è calcolato mediante la seguente formula:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{si}}}$$

dove  $h_i$  e  $V_{si}$  indicano rispettivamente lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio dello strato  $i$ -esimo per un totale di  $N$  strati presenti nei 30 metri superiori.

$$V_{s30} = 473,00 \text{ m/s}$$

Il tutto giustificato ed approvato dal "Test di significatività" della pagina seguente.

**TEST DI SIGNIFICATIVITÀ PROVA SISMICA N. 1 - "HVSRI"**

[According to the Sesame, 2005 guidelines. Please read carefully the *Griffa* manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at 63.97 ± 3.44 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable HVSR curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	63.97 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	48616.3 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 1026 times	OK	
Criteria for a clear HVSR peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0]   A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	57.563 Hz	OK	
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]   A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	4.74 > 2	OK	
$f_{\text{peak}} [A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.02615  < 0.05$	OK	
$\sigma_r < \epsilon(f_0)$	1.6727 < 3.19844	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.3756 < 1.58	OK	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\epsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_r < \epsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for $\epsilon$ and $\theta(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
$\epsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 $f_0$	0.2 $f_0$	0.15 $f_0$	0.10 $f_0$	0.05 $f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\text{Log} \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20



**LOCALITA':** località "Piano Sant'Erasmo" - Palermo / Riferimento Indagini Grilla 362\_02

Instrument: TEP-0084/01-10

Start recording: 29/09/16 12:55:35 End recording: 29/09/16 13:15:36

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h20'00''.

Analyzed 92% trace (manual window selection)

Sampling frequency: 128 Hz

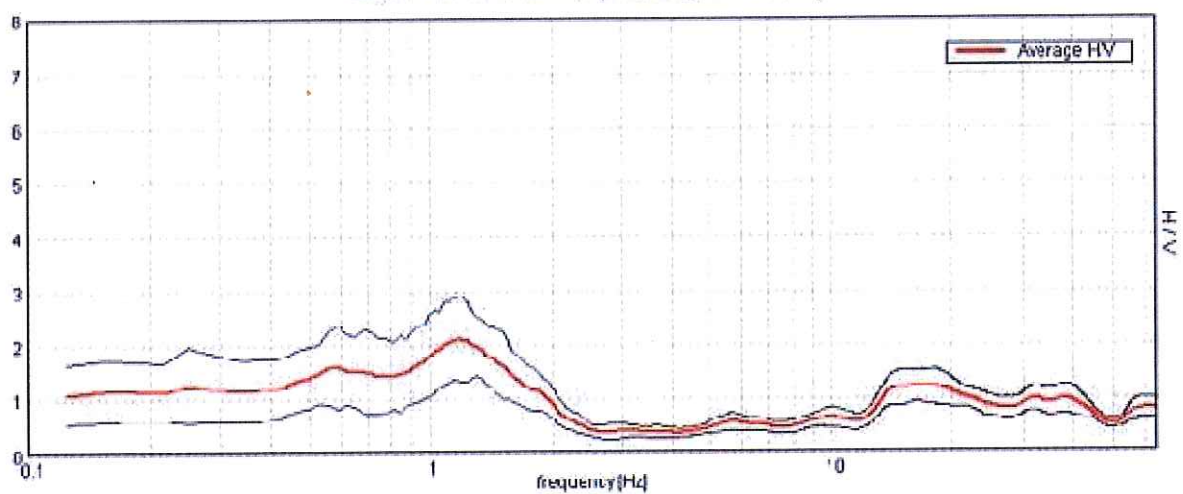
Window size: 20 s

Smoothing window: Triangular window

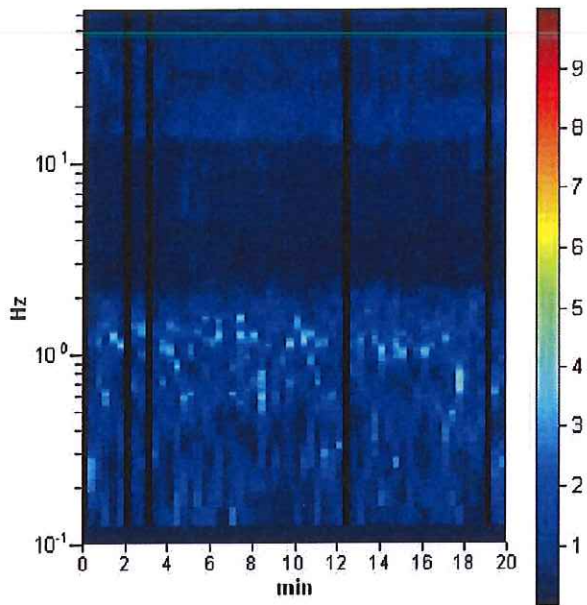
Smoothing: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

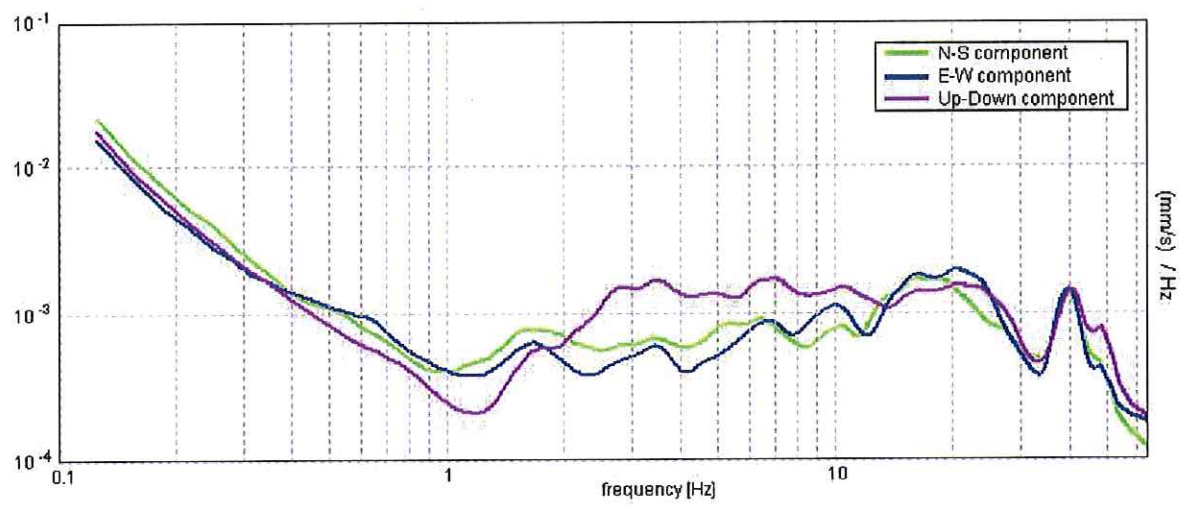
Max. HV at  $1.19 \pm 0.05$  Hz. (fr the range 0.0 - 64.0 Hz).



### H/V TIME HISTORY



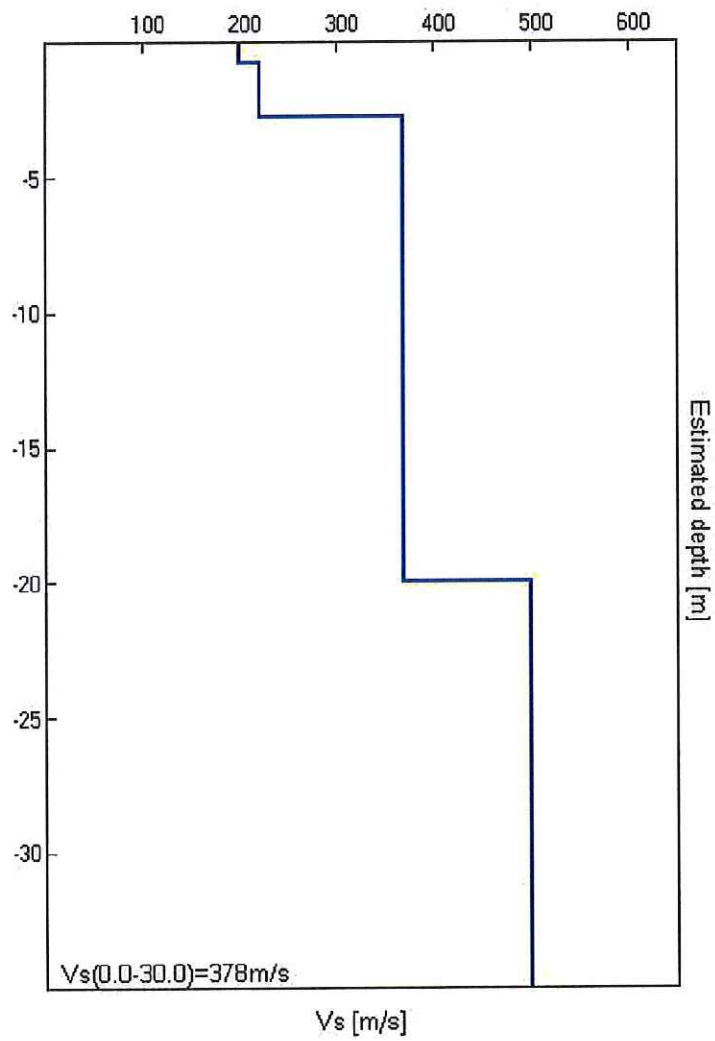
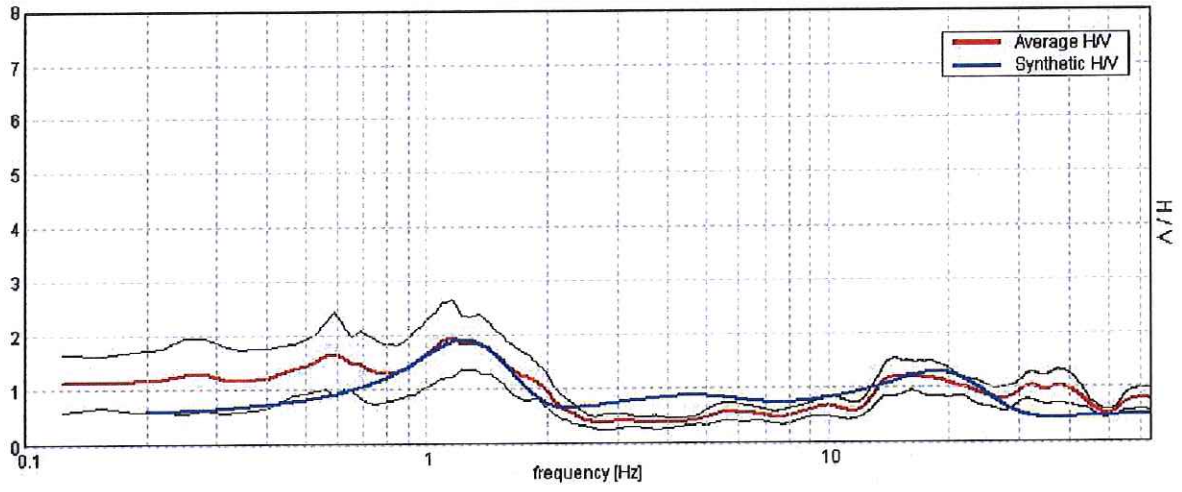
### SINGLE COMPONENT SPECTRA





### EXPERIMENTAL VS. SYNTHETIC H/V

Max. H/V at  $1.16 \pm 0.08$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



In particolare, grazie a questo tipo di analisi sismica passiva, è stato possibile identificare dei picchi, che rappresentano le variazioni di impedenza delle varie litologie attraversate, ed attraverso la tecnica *HVSR*, è stato possibile, in definitiva, individuare il substrato rigido di riferimento o "bedrock".

Nelle figure della pagina precedente, si evidenziano picchi che rappresentano i sismostrati evidenziati nella seguente tabella:

COLONNA SISMOSTRATIGRAFICA						
Sismostrato	Descrizione litologica	H	Z	D	$\nu$	$V_s$
		[m]	[m]	[t/m <sup>3</sup> ]	[-]	[m/s]
		Spessore	Profondità	Densità	Mod. di Poisson	Velocità trasversale
1	Materiale di risulta costituito da sabbie limose e limi sabbiosi con trovanti litici informi e con abbondante cocci e riporti antropici di varia natura	2,75	- 2,75	1,8	0,39	200 - 220
2	Banchi calcarenitici variamente cementati con intercalati lenti e livelli sabbiosi ben addensati	17,25	- 20,00	1,9	0,33	370
3	Banchi calcarenitici tenaci e ben cementati con intercalati lenti e livelli sabbiosi addensati	> 30,00	> - 30,00	2,1	0,31	500

Il parametro  $V_{s30}$  rappresenta la velocità media di propagazione delle onde S entro 30 metri di profondità (al di sotto del piano di fondazione) ed è calcolato mediante la seguente formula:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{si}}}$$

dove  $h_i$  e  $V_{si}$  indicano rispettivamente lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio dello strato  $i$ -esimo per un totale di  $N$  strati presenti nei 30 metri superiori.

$$V_{s30} = 378,00 \text{ m/s}$$

Il tutto giustificato ed approvato dal "Test di significatività" della pagina seguente.



**TEST DI SIGNIFICATIVITÀ PROVA SISMICA N. 2 - "HVS2"**

[According to the Sesame, 2005 guidelines. Please read carefully the *Griffa* manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at 1.19 ± 0.05 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable HVSR curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	1.19 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	1306.3 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 58 times	OK	
Criteria for a clear HVSR peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0]   A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]   A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.938 Hz	OK	
$A_0 > 2$	2.12 > 2	OK	
$f_{\text{peak}} [A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.02063  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \theta(f_0)$	$0.0245 < 0.11875$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.3939 < 1.78$	OK	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \theta(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for $\theta$ and $\theta(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
$\theta(f_0)$ [Hz]	0.25 $f_0$	0.2 $f_0$	0.15 $f_0$	0.10 $f_0$	0.05 $f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

## CAPITOLO IV - CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

### PARAGRAFO 4.1 - CLASSIFICAZIONE DEL SUOLO DI FONDAZIONE

La conoscenza dell'assetto geologico, geomorfologico ed idrologico del terreno di *sedime* delle fondazioni di qualsiasi natura e per qualsiasi struttura, è di fondamentale importanza nell'edilizia, in particolar modo quando ci si trova di fronte ad aree a rischio sismico.

La nuova caratterizzazione geotecnica del territorio identifica la categoria di suolo di fondazione in base a parametri dinamici specifici, in particolare la  $V_{s30}$ , cioè la velocità media di propagazione entro 30 metri di profondità delle onde di taglio.

Per la determinazione della  $V_{s30}$  sia per motivi logistici e sia per la rilevanza dell'intervento in progetto, sono state eseguite due (2) indagini sismiche passive con la tecnica HVSR (TROMINO).

Il parametro  $V_{s30}$  rappresenta la velocità media di propagazione delle onde S entro 30 metri di profondità (al di sotto del piano di fondazione) ed è calcolato mediante la seguente formula:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_i \frac{h_i}{V_{si}}}$$

dove  $h_i$  e  $V_{si}$  indicano rispettivamente lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio dello strato  $i$ -esimo per un totale di  $N$  strati presenti nei 30 metri superiori.

Nel sito in questione, sulla base dei profili delle onde di taglio elaborati (come riportato ampiamente nel capitolo precedente), si ottiene il seguente valore:

$$V_{s30} = 473,00 \text{ m/s} \sim 378,00 \text{ m/s}$$

Pertanto è possibile ascrivere il suolo di fondazione entro la categoria B la cui descrizione è specificata nella seguente tabella:

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

Categoria Caratteristiche della superficie topografica

A

Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.

B

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

C

Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

D



Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.

E Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m

*Profondità riferite al piano di posa delle fondazioni. I valori da utilizzare per Vs, NSPT e Cu sono medi.*

Le conoscenze geologiche e stratigrafiche locali confermano questa classificazione.

La presenza di tali depositi consente di escludere l'appartenenza del sito investigato alle categorie E speciali: S1 e S2, previste dalla normativa sismica vigente e dagli Eurocodici 7 e 8, per terreni suscettibili a liquefazione o per terreni costituiti da argille e limi con alto grado di sensibilità.

#### PARAGRAFO 4.2 - PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE ED INDICAZIONI PER LA VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Le azioni sismiche di progetto, come previsto dalle N.T.C., in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa "ag" in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria "A" quale definita al § 3.2.II delle N.T.C.), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza  $P_{vr}$ , come definite nel § 3.2.I, nel periodo di riferimento  $V_R$ , come definito nel § 2.4.

La determinazione della pericolosità sismica di sito va effettuata in termini geografici e temporali.

##### *Inquadramento sul reticolato geografico*

Il sito di progetto è ubicato sul reticolato geografico con le seguenti coordinate:

<u>COORDINATE GEOGRAFICHE ED50</u>	<u>PROVA SISMICA N. 1 - HVSR1</u>	<u>PROVA SISMICA N. 2 - HVSR2</u>
LATITUDINE	38.113144° N	38.113295° N
LONGITUDINE	13.378115° E	13.378554° E

La nuova classificazione sismica del territorio nazionale si basa su uno studio probabilistico, che tiene conto di tutti gli eventi sismici verificatisi in Italia dall'anno 1.000 fino ad oggi.

Da tale studio condotto dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (I.N.G.V.), sono state individuate le zone a rischio sismico del territorio nazionale (come si può vedere nella Figura n° 1). L'I.N.G.V. ha contribuito a questo importante provvedimento per il proprio campo di competenza, visto che l'azione sismica di riferimento per la progettazione (riportata nell'allegato A di tale Decreto) è stata definita sulla base delle stime di pericolosità sismica per il territorio nazionale realizzate dal "Progetto S1" (<http://essel.mi.ingv.it>) nell'ambito della Convenzione 2004 - 2006 tra l'I.N.G.V. ed il Dipartimento della Protezione Civile.

Tra le novità più importanti di queste norme vi è il fatto che per la prima volta tale azione sismica non viene definita sulla base di 4 zone sismiche (ad ognuna delle quali era associato uno spettro di progetto standard), ma è determinata per ogni sito in Italia secondo una griglia regolare di nodi (con passo di 5 Km., per un totale di oltre 10.000 nodi) per ognuno dei quali il "Progetto S1" ha calcolato oltre 2.200 parametri che descrivono in maniera esaustiva la pericolosità sismica (picchi di accelerazione, accelerazioni spettrali, disaggregazione, ecc., tutti calcolati per diverse probabilità di accadimento in 50 anni. Tutti i dati sono accessibili e visualizzabili in mappa nel sito: <http://essel-gis.mi.ingv.it>).

#### PARAGRAFO 4.3 - SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione è espresso da una forma spettrale (normalizzato spettro) riferita ad uno smorzamento convenzionale del 5%, moltiplicata per il valore della accelerazione orizzontale massima "ag" su sito di riferimento rigido orizzontale.

Le espressioni che definiscono lo spettro di risposta elastico della componente orizzontale è definito dalle espressioni seguenti:

$$S T_e(\omega) = a_g \cdot S \left[ 1 + \frac{T}{T_B} (\eta \cdot 2,5 - 1) \right]$$

$$T_B = T_C \cdot \eta \cdot 2,5 \quad S T_e(\omega) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5$$

$$T_C = T_D \cdot \eta \cdot 2,5 \quad S T_e(\omega) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5 \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D = T \quad S T_e(\omega) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5 \left( \frac{T}{T_2} \right)$$

dove:

S                      fattore che tiene conto del profilo sismico

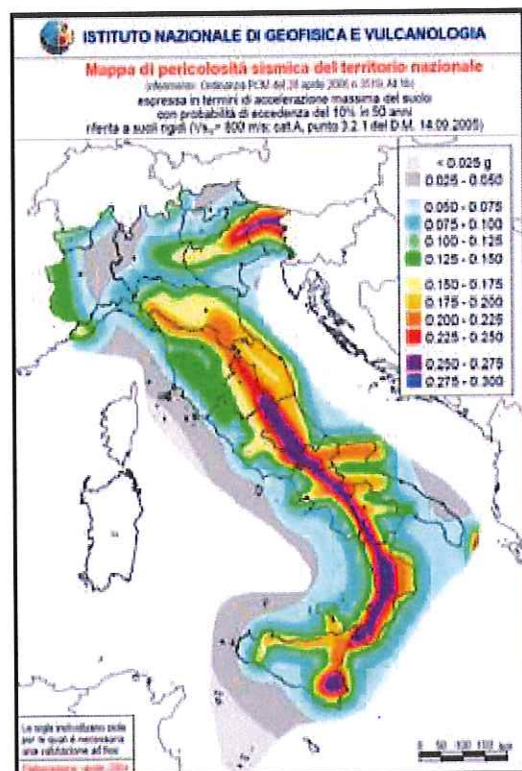


Figura n° 1 - Mappa della pericolosità sismica del territorio nazionale dell' I.N.G.V..



tigrafico del suolo di fondazione:

- $\eta$  fattore che tiene conto di un coefficiente di smorzamento viscoso equivalente  
 $\xi$ , espresso in punti percentuali, diverso da 5 ( $\eta = 1$  per  $\xi = 5\%$ ):

$$\eta = \sqrt{\frac{10}{5 + \xi}} \geq 0,55$$

- $T$  periodo di vibrazione dell'oscillatore semplice;  
 $T_B, T_C, T_D$  periodi che separano i diversi rami dello spettro, dipendenti dal profilo stratigrafico del suolo di fondazione.

I valori dei parametri dello spettro di risposta da utilizzare nelle verifiche dell'azione sismica di progetto sono i seguenti:

<i>Parametri dello spettro di risposta elastico</i>				
	$S$	$T_B$	$T_C$	$T_D$
<b>COMPONETE ORIZZONTALE</b>	<b>1.25</b>	<b>0.15</b>	<b>0.50</b>	<b>2.00</b>

Coefficiente di smorzamento:  $\xi = 5\%$

Fattore che tiene conto del coefficiente di smorzamento:  $\mu = 1,00$

Lo spettro di risposta elastico della componente verticale viene definito dalle espressioni seguenti:

$$0 < T < T_B \quad S_{ve}(T) = 0,9a_g \cdot S \cdot \left[ 1 + \frac{T}{T_B} (\eta \cdot 3,0 - 1) \right]$$

$$T_B = T < T_C \quad S_{ve}(T) = 0,9a_g \cdot S \cdot \eta^{3,0}$$

$$T_C = T < T_D \quad S_{ve}(T) = 0,9a_g \cdot S \cdot \eta^{3,0} \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D = T \quad S_{ve}(T) = 0,9a_g \cdot S \cdot \eta^{3,0} \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

con i valori dei parametri che definiscono la forma spettrale riportati di seguito:

<i>Parametri dello spettro di risposta elastico</i>				
	$S$	$T_B$	$T_C$	$T_D$
<b>COMPONETE VERTICALE</b>	<b>1.00</b>	<b>0.05</b>	<b>0.15</b>	<b>1.00</b>

Lo spettro di risposta elastico dello spostamento si può ottenere per trasformazione diretta dello spettro di risposta elastico delle accelerazioni:

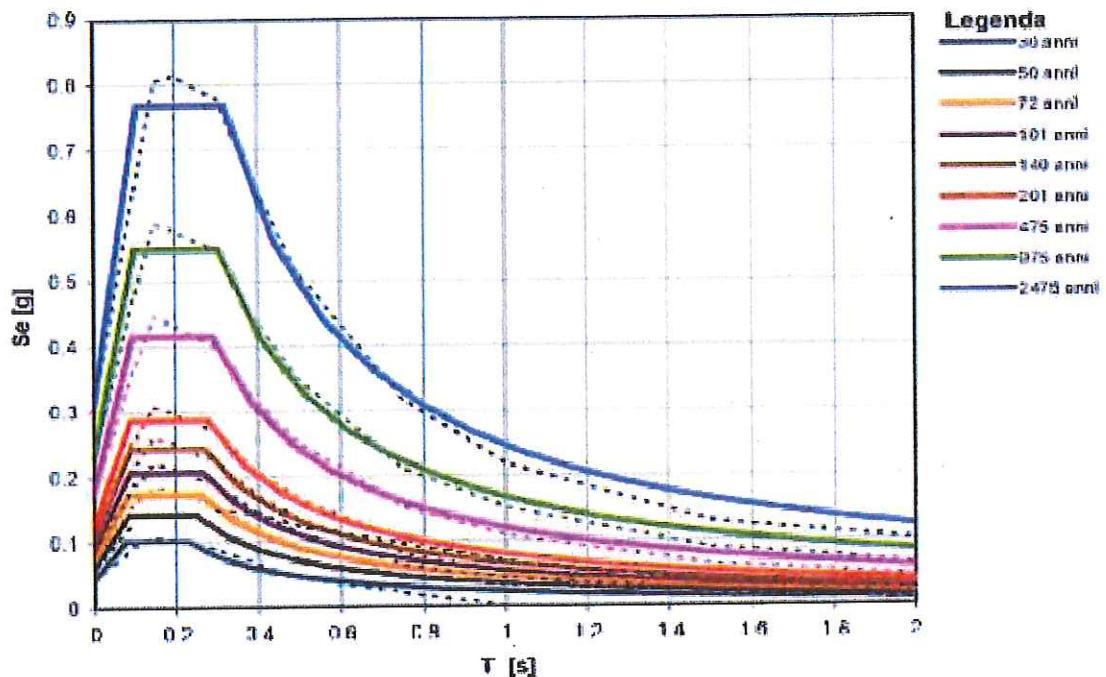
$$S_{De}(T) = S_d(T) \left( \frac{T}{2.5} \right)^2$$

Per gli *stati limite di esercizio* lo spettro di progetto  $S_{De}(T)$  da utilizzare, sia per le componenti orizzontali che per la componente verticale, è lo spettro elastico corrispondente, riferito alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$  considerata

Per le *verifiche agli stati limite ultimi*, non effettuate tramite l'uso di opportuni accelerogrammi ed analisi dinamiche al passo, ai fini del progetto o della verifica delle strutture, lo *spettro di progetto*  $S_d(T)$  da utilizzare, sia per le componenti orizzontali, sia per la componente verticale, è lo spettro elastico corrispondente riferito alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$  considerata con le ordinate ridotte sostituendo nelle formule 3.2.4  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura

Lo *spettro di progetto per lo stato limite di danno* può essere ottenuto riducendo lo spettro di risposta elastico secondo un fattore pari a 2,5.

**Spettri di risposta elastici**  
Periodi di riferimento con tempi di ritorno TR

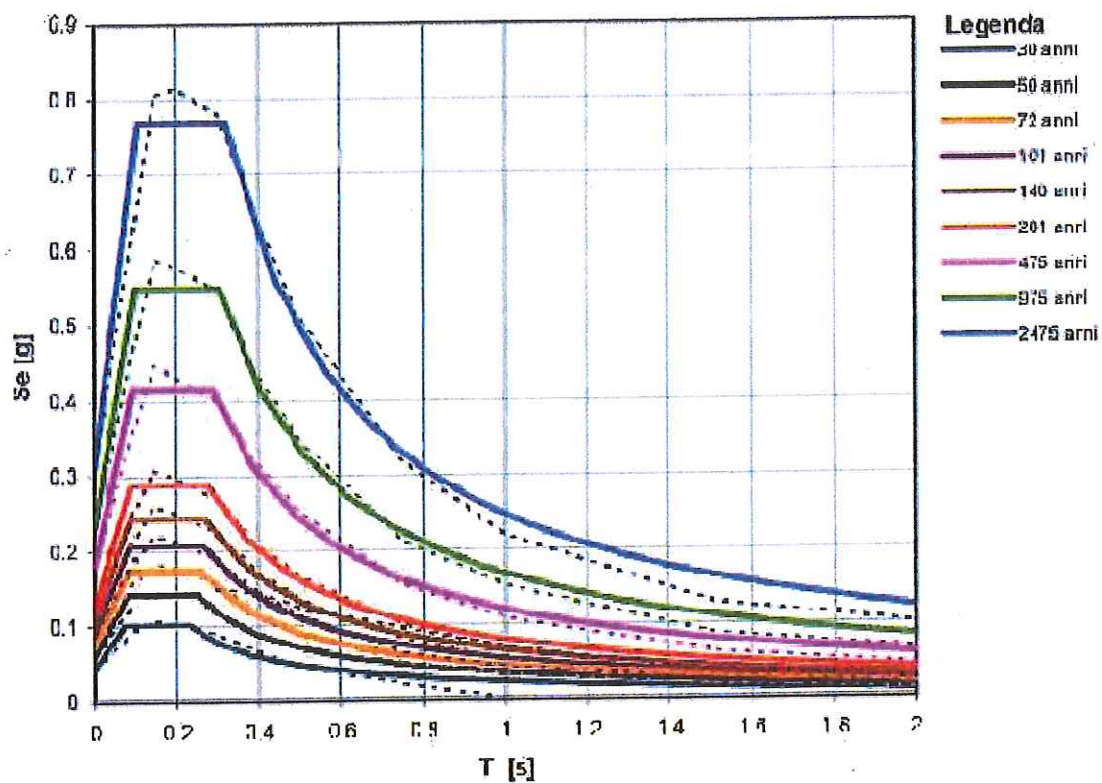


(\*) La linea continua rappresenta gli spettri secondo la "Norma Tecnica per la Costruzioni".

Figura n° 2 - Spettri di risposta elastici



**Spettri di risposta elastici**  
*Periodi di riferimento con tempi di ritorno TR*



(\*) La linea continua rappresenta gli spettri secondo le "Norme Tecniche per la Costruzioni" tratti gli spettri di progetto - 51-INGV.

Figura n° 3 - Spettri di risposta elastici

### Tabella dei campi di variabilità dei parametri

$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_C^*$ [s]
30	0.044	2.344	0.230
50	0.061	2.341	0.250
72	0.075	2.319	0.260
101	0.090	2.316	0.266
140	0.106	2.319	0.272
201	0.124	2.326	0.279
475	0.175	2.375	0.291
975	0.227	2.421	0.305
2475	0.307	2.500	0.321

#### Legenda:

- $a_g$ : accelerazione orizzontale massima attesa;
- $F_0$ : fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima;
- $T_C^*$ : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T_R$ : periodi di ritorno di riferimento.

Figura n° 4 - Tabella campi di variabilità dei parametri. - HVSR1

### Tabella dei campi di variabilità dei parametri

$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_C^*$ [s]
30	0.044	2.344	0.230
50	0.061	2.341	0.250
72	0.075	2.319	0.260
101	0.090	2.310	0.260
140	0.106	2.319	0.272
201	0.124	2.326	0.279
475	0.175	2.375	0.291
975	0.227	2.421	0.305
2475	0.308	2.508	0.321

#### Legenda:

- $a_g$ : accelerazione orizzontale massima attesa;
- $F_0$ : fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima;
- $T_C^*$ : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T_R$ : periodi di ritorno di riferimento.

Figura n° 5 - Tabella campi di variabilità dei parametri. - HVSR2



## Campi di variabilità dei parametri

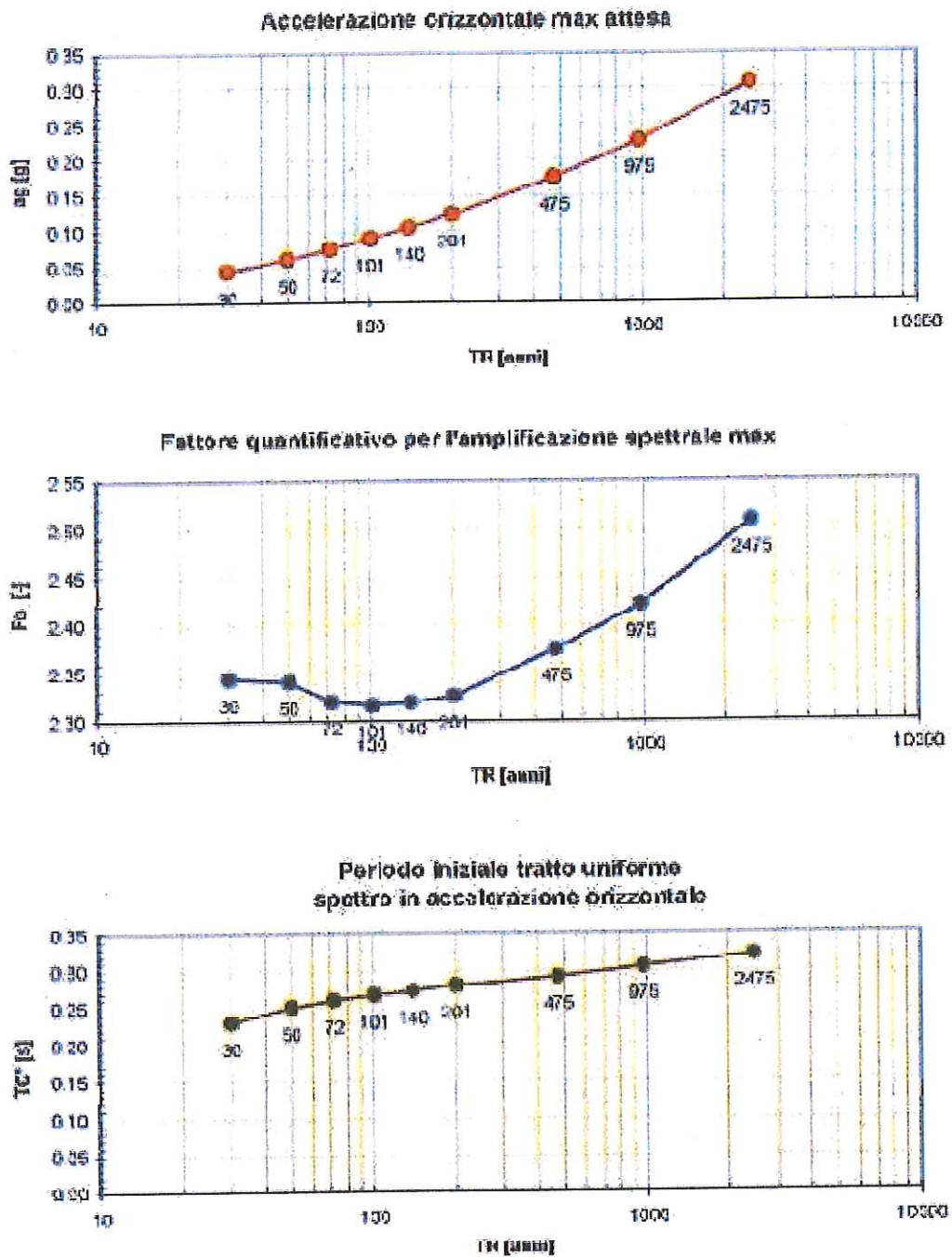


Figura n° 6 - Grafici dei campi di variabilità dei parametri. - HVSR1

## Campi di variabilità dei parametri

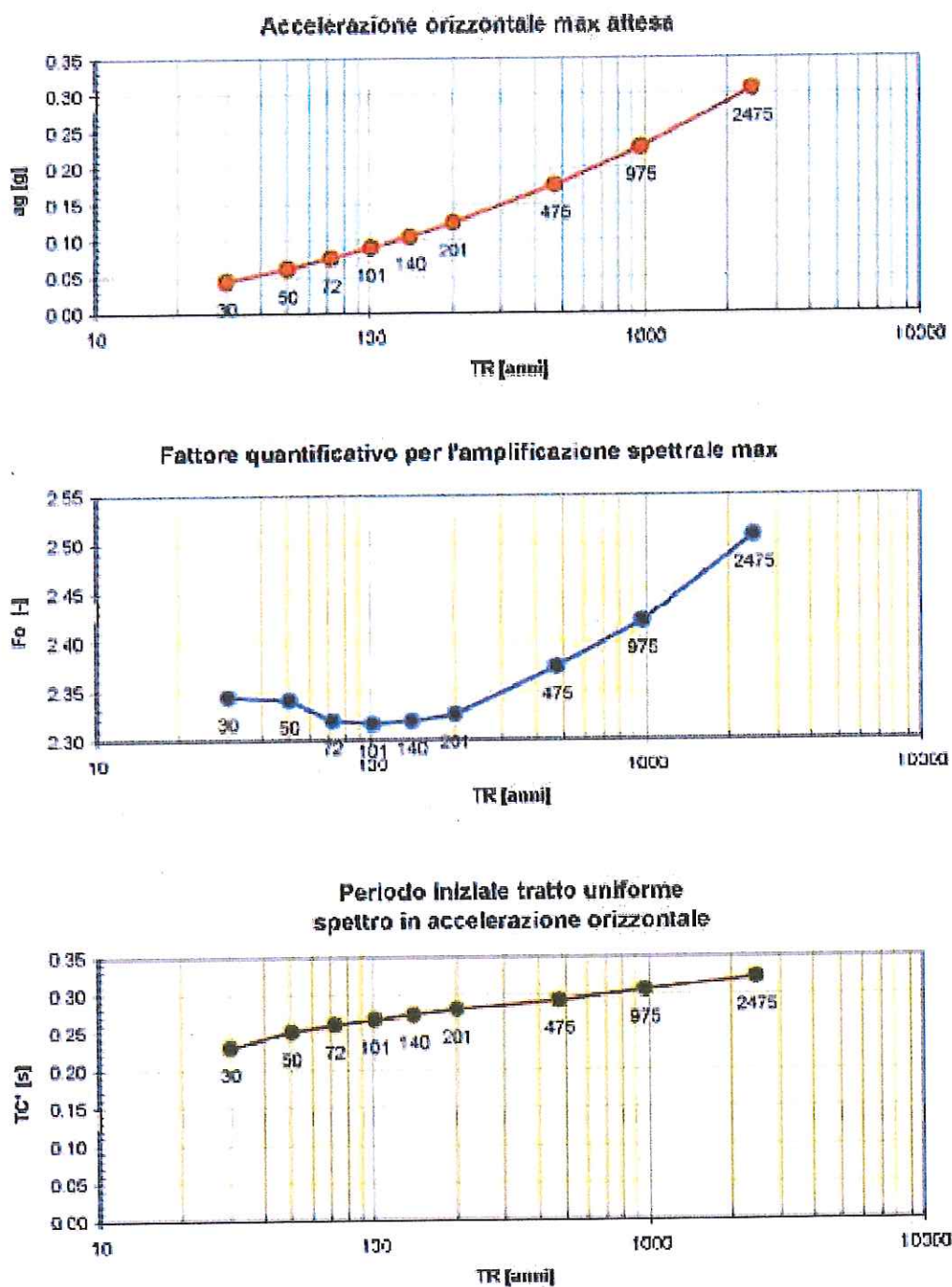


Figura n° 7 - Grafici dei campi di variabilità dei parametri. - HVSR2



#### PARAGRAFO 4.4 - CENNI DI MICROZONAZIONE SISMICA LOCALE E STIMA DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE

Esistono in letteratura diversi metodi per la stima dell'amplificazione sismica in superficie a carattere locale, alcune si basano sull'uso di modelli numerici complessi, che portano allo sviluppo di programmi di calcolo utilizzati per valutare gli effetti del sito, sia in condizioni monodimensionali (*SHAKE*) sia bidimensionali (*FLUSH* e *QUAD 4*).

Per una più semplificata esistono alcune metodologie basate sulle caratteristiche litostratigrafiche e sulla velocità di propagazione delle onde *S* nei livelli "superficiali" (30 metri) dei terreni.

Il metodo di *Midorikawa* (1987) è consigliato nella letteratura per microzonazione sismica di 2° livello, il fattore di amplificazione di picco è calcolato nel seguente modo:

$$Fa = 68 \frac{V_s}{V_{s30}} \rightarrow \text{per } V_s \geq 1100 \text{ m/s}$$
$$Fa = 1 \text{ per } V_s < 1100 \text{ m/s}$$
$$a_{max} (g) = a_{bedrock} \cdot Fa$$

dove:  $V_s$  è la velocità media calcolata nei livelli superficiali fino ad una profondità massima di 30 metri, e  $a_{max}$  rappresenta l'accelerazione massima di picco sul suolo.

Nel nostro caso, considerando il valore di  $V_{s30}$  ottenuto con le indagini sismiche passive ed il valore del fattore di amplificazione, applicando lo stesso ai valori di accelerazione massima attesa al sito, con tempo di ritorno massimo pari a 200 anni, si ottengono i seguenti risultati:

$$V_{s30} = 473,00 \text{ m/s}; \quad Fa = 1,69; \quad a_{max} (g) = a_{bedrock} \times Fa = 0,124 \times 1,69 = 0,2096 \text{ m/s}^2$$

$$V_{s30} = 378,00 \text{ m/s}; \quad Fa = 1,93; \quad a_{max} (g) = a_{bedrock} \times Fa = 0,124 \times 1,93 = 0,2393 \text{ m/s}^2$$

Per quanto riguarda l'accelerazione massima attesa al sito, considerando la possibilità di fenomeni di amplificazione sismica locale, in fase di analisi progettuale agli stati limite si consiglia di utilizzare il seguente valore estremamente cautelativo:

$$a_{max} (g) = 0,2393 \text{ m/s}^2$$

Si lascia, comunque, al tecnico responsabile dei calcoli, sulla base della vita nominale utilizzata, considerare i valori di accelerazione attesa al sito più opportuni e riferiti ai tempi di ritorno della Tabella di Figura n° 3, rispettivamente per gli stati limite: Operatività (SLO), danno (SLD), Salvaguardia vita (SLV), Prevenzione collasso (SLC). I valori dell'accelerazione considerati dovranno poi essere moltiplicati per il fattore di amplificazione sismica locale ottenuto precedentemente.

#### PARAGRAFO 4.5 - CLASSIFICAZIONE SISMICA GENERALE DELL'AREA E RISULTATI FINALI

Le onde sismiche che si propagano nel suolo, arealmente su terreni geoliticamente correlabili,

in seguito ad un terremoto anche di piccola intensità, possono generare effetti di sito molto diversificati, in relazione a diversi fattori, quali: la topografia, la morfologia, l'indice di plasticità (per i depositi argillosi), la presenza di strutture sepolte e/o discontinuità geologiche e/o tettoniche preesistenti, la presenza o l'assenza di depositi sabbiosi soggetti a liquefazione ed, infine, il rapporto fra la impedenza sismica del "bedrock" e dei depositi e/o delle rocce sovrastanti, oltre che da alcune caratteristiche geotecniche dei terreni, ovvero, dai loro parametri geomeccanici e dalla loro variabilità laterale.

Gli effetti di sito possono dare luogo a deformazioni non prevedibili del suolo con conseguenti danni alle strutture.

Considerando che per la geodinamica della Sicilia, regione su cui ricade il comune all'interno dei cui confini amministrativi insiste l'area di progetto, non esistono aree a sismicità nulla, si è reso necessario approfondire il presente studio sugli effetti delle amplificazioni sismiche locali, in assenza di un piano di microzonazione sismica del territorio indagato.

Il territorio nazionale viene suddiviso in zone sismiche, ciascuna contrassegnata da un diverso valore della accelerazione orizzontale massima ( $a_g$ ) su suolo di categoria "A".

I valori da adottare in ciascuna delle zone sismiche, espressi come frazione della gravità  $g$ , sono:

Zona	Valori di $a/g$
1	0,35 g
2	0,25 g
3	0,15 g
4	0,05 g

L'area di Palermo viene classificata nella Zona 2 alla quale si attribuisce un parametro di ( $a_g$ ) = accelerazione sismica orizzontale massima su un suolo di categoria A = 0,25 g

Inoltre, per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale.

Nel caso specifico essendo il sito topograficamente caratterizzato da pendenze medie di molto inferiori a  $15^\circ$ , si può classificare entro la categoria T1.

Categorie topografiche	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base, inclinazione med. $15^\circ < i < 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base, inclinazione med. $i > 30^\circ$



*Le prima esposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 metri.*

Quindi, il relativo coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$  può essere posto = 1,00, in quanto la superficie topografica su cui insiste l'opificio indagato, sito presso la località "Piano Sant'Erasmo" del Comune di Palermo, appartiene alla Categoria T1.

RISULTATI FINALI	
PIANO DI RIFERIMENTO Z = 0 (IN METRI)	- 0,00 M. DAL P.C.
Vs30 (IN M/S) - PROVA SISMICA N. 1 _ "HVSr1"	473,00 M/S
Vs30 (IN M/S) - PROVA SISMICA N. 2 _ "HVSr2"	378,00 M/S
TIPO DI SUOLO	B
CATEGORIA TOPOGRAFICA - T	T1
COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA - $S_T$	1,00
ACCELERAZIONE MASSIMA ATTESA AL SITO - $a_g$ (IN $M/S^2$ ) - PROVA SISMICA N. 1 _ "HVSr1"	0,2096 $M/S^2$
ACCELERAZIONE MASSIMA ATTESA AL SITO - $a_g$ (IN $M/S^2$ ) - PROVA SISMICA N. 2 _ "HVSr2"	0,2393 $M/S^2$

La presente relazione sismica non costituisce e non sostituisce né la relazione geologica né quella geotecnica, pertanto per la definizione del modello geologico - geotecnico si rimanda ai rispettivi studi specialistici.

**GEOLOGO INCARICATO:**  
DOTT. MARIO PISCHEDDA