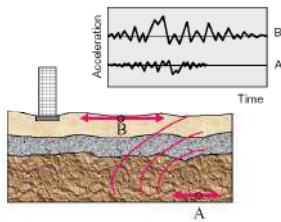


**STUDO DI COMPATIBILITA' GEOMORFOLOGICA RELATIVO
 ALL'IMMOBILE SITO IN PALERMO IN VIA VILLAGRAZIA N.341, PIANO T.
 IDENTIFICATO AL CATASTO AL FG. 69 – P.LLA 1665, SUB. 4.
 (Tribunale di Palermo – Sez. VI civile 21/2022 RGE)**

Studio di Geologia

Studi di Geologia Ambientale e Tecnica
 Indagini penetrometriche e sismiche
 Via Roma n° 60 – 90040 Montelepre (PA)

Dott. Geol. Francesco Sapienza
 Tel.e Fax +39/091.898.43.25 - Cell. 360.29.27.69
 e-mail: sapienzafr@libero.it
 pec: geosapienza@pec.epap.it



RELAZIONE DI GEOLOGICA

DATA: Novembre 2023

COMMITTENTE: (Tribunale di Palermo – Sez. VI civile 21/2022 RGE)

	(COMMITTENTE)		IL GEOLOGO DOTT. Francesco Sapienza

1. NOTE INTRODUTTIVE

Il sottoscritto, Dott. Francesco Sapienza (c.f. SPNFNC63H20F544N), regolarmente iscritto all'Ordine Regionale dei Geologi di Sicilia al n°1014, geologo libero professionista, con Studio Tecnico in Montelepre (PA) in via Roma n°60, su incarico ricevuto dal Tribunale di Palermo – Sezione VI civile – Esecuzioni Immobiliari - Procedura 21/22 RGE a mezzo di Posta Elettronica Certificata PEC n.identificativo messaggio: 62923A6F.00267FF5.8120D456.246A14EC, in ottemperanza al provvedimento di prosecuzione delle operazioni di "indagini sismiche e geologiche per la stesura di uno studio di *Compatibilità Geomorfologica*", ha eseguito uno studio di *Compatibilità Geomorfologica* ai sensi dell'art. 15 L.R. 16/16 ex art. 13 L. 64/74, relativo all'immobile sito in Via Villagrazia n.341, piano Terra, nel Comune di Palermo, Fg. 69, p.la 1665 sub.4.



Fig. 1.1
Edificio in esame; Via Villagrazia, 341, Piano Terra.

Il presente studio, pertanto, sulla base delle singole risultanze ottenute si propone di fornire una valutazione sullo stato dei luoghi attuale e la comprensione di eventuali processi geologici in atto e loro tendenza evolutiva, in relazione ai carichi presenti e di eventuale previsione, al fine di ottenere una conoscenza globale del territorio esaminato, evidenziandone gli aspetti stratigrafici, sismici e morfoevolutivi principali; Pertanto, si è presa visione delle attuali condizioni geomorfologiche, di stabilità e delle caratteristiche idrogeologiche dell'areale esaminato lo (stato dei luoghi), per un tratto di terreno di lunghezza pari a 30 ml circa a cavallo del lotto esaminato.

Successivamente, dal punto di vista tecnico, sono state espletate alcune indagini situ al fine di affinare le conoscenze stratigrafiche dell'immediato sottosuolo e parametrizzare i vari litotipi presenti, valutando la "qualità" degli ammassi presenti, al fine cautelativo di procedere al controllo delle reali caratteristiche meccaniche dei terreni affioranti.

L'indagine geofisica, invece, è finalizzata alla caratterizzazione sismica del lotto di terreno interessato dall'appartamento in esame, ai sensi della nuova normativa tecnica sulle *costruzioni "Norme Tecniche per le Costruzioni"*, entrata in vigore il 1° luglio 2009, in applicazione della circolare n.617/2009, nonché in riferimento all'Ordinanza P.C.M. n° 3274/2003, D.M. 14.01.2008 ed ultimo aggiornamento delle "Norme Tecniche per le costruzioni" D.M. 17 gennaio 2018 (Suppl. Ord. n.8 G.U. n.42 del 20.02.2018); Ai sensi della suddetta normativa il terreno sismicamente significativo è stato diviso in 5 categorie di profilo stratigrafico del sottosuolo compreso tra il piano d'imposta delle fondazioni e la formazione di base rigida), basate sulla stima della velocità media delle onde sismiche di taglio (V_s equivalente) nei primi 30m di profondità e ricavata dalle indagini geofisiche eseguite all'interno del lotto, consistenti nella esecuzione di n. 2 prospezioni sismiche con metodo HVSR e n.1 prospezione sismica con metodo MASW, al fine di fornire informazioni aggiuntive per la caratterizzazione del sito sulla base dell'analisi delle onde superficiali di *Rayleigh* e quindi sulla stima del valore di V_s equivalente.

In particolare, le prospezioni geofisiche eseguite all'interno del lotto interessato dall'impianto di rifornimento, sono consistite in n. 2 prospezioni sismiche con metodo HVSR basate sul rilievo dei microtremori, attraverso la tecnica *Nakamura*, al fine di consentire la determinazione della "frequenza di risonanza" di uno strato caratteristico del sito per il quale assume il valore massimo il rapporto $RHV = HS/VS$ (Horizontal to Vertical Ratio) tra gli spettri delle componenti orizzontale e verticale del moto del suolo, assumendo che la componente verticale (V) del *noise*, nel passare dal Bedrock alla superficie non subisca amplificazione, con l'impiego dei programmi votati alla loro elaborazione come Geopsy, Easy HVSR e Easy MASW della Geostru (Codice cliente 8112) e ProgramGeo.

In particolare, il rilievo dei microtremori è stato elaborato attraverso la tecnica HVSR o di Nakamura, e consente di determinare la "frequenza di risonanza f_0 " di uno strato caratteristico del sito per il quale assume il valore massimo il rapporto $RHV = HS/VS$ (Horizontal to Vertical Ratio) tra gli spettri delle componenti orizzontale e verticale del moto del suolo, assumendo che la componente verticale (V) del *noise*, nel passare dal Bedrock alla superficie non subisca amplificazione. Con l'impiego dei programmi votati Geopsy e ProgramGeo con Licenza n°FXWT927N-QC61QXL8) si è determinato il valore della frequenza di picco del sito.

Il rilevamento geologico di dettaglio è stato eseguito su carta aerofotogrammetrica a scala 1:10.000 e scala 1:2.000. Si è, quindi, proceduto ad un confronto tra le unità strutturali individuate e i modelli strutturali proposti nella letteratura geologica.

1.1 Regime vincolistico (Rischio geomorfologico e Idraulico)

Per la stesura del presente elaborato è stato necessario effettuare una corretta individuazione di tutti i vincoli esistenti nel lotto in esame e ad un contorno significativo.

Vincoli:

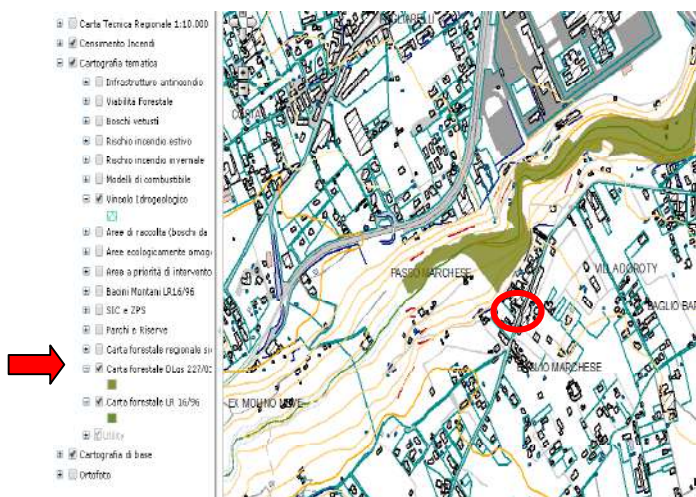
Perimetrazione P.A.I.: Per quanto concerne gli studi esistenti sulla pericolosità geologica a scala regionale e locale, riferendoci allo studio della cartografia tematica, a corredo del Decreto Presidenziale 27 Marzo 2007 (G.U.R.S. n°25 del 1 giugno 2007) sul “Piano Stralcio di Bacino per l’Assetto Idrogeologico” (P.A.I.), relativo all’Area Territoriale tra il bacino del Fiume Oreto (039) e Punta Raisi (040), sia per ciò che concerne l’aspetto geomorfologico, sia per ciò che riguarda il rischio idraulico, si evince che l’area oggetto di studio **non rientra** tra le aree a Pericolosità e Rischio Geomorfologico nè della Pericolosità Idraulica per fenomeni da Esondazione ne all’interno dei Siti di Attenzione. Si evince, pertanto, che la zona oggetto di studio non ricade all’interno del perimetro di zone a Rischio R3 “Elevato” e R4 “Molto Elevato” o “Siti di attenzione” della:

Carta della Pericolosità e del Rischio Geomorfologico n° 12 – in scala 1:10.000;

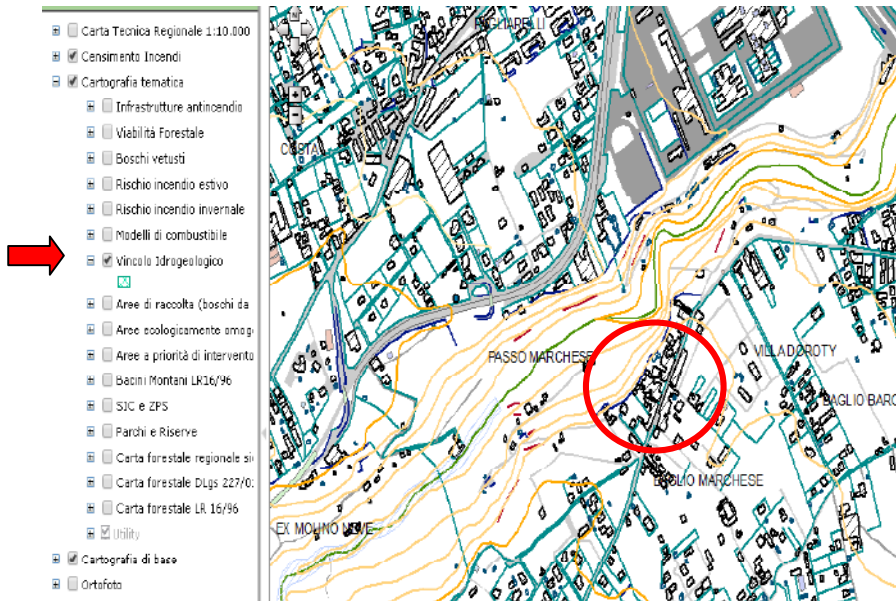
Carta del Rischio Idraulico per fenomeni di esondazione n° 12 – in scala 1:10.000;

E’ possibile visionare le carte relative al P.A.I. e loro aggiornamenti nell’allegata Tav.3 di seguito riportata:

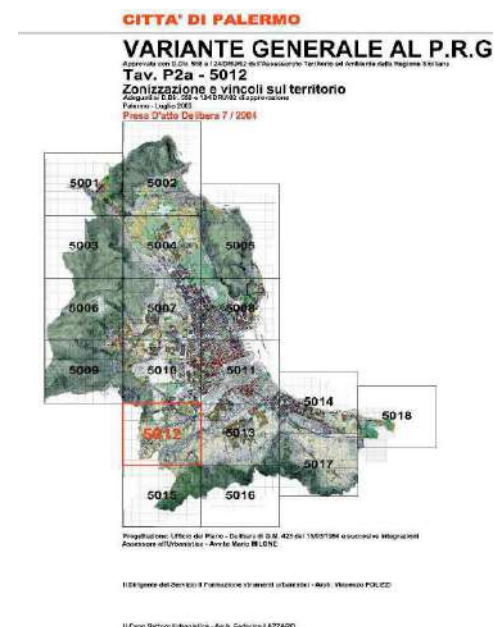
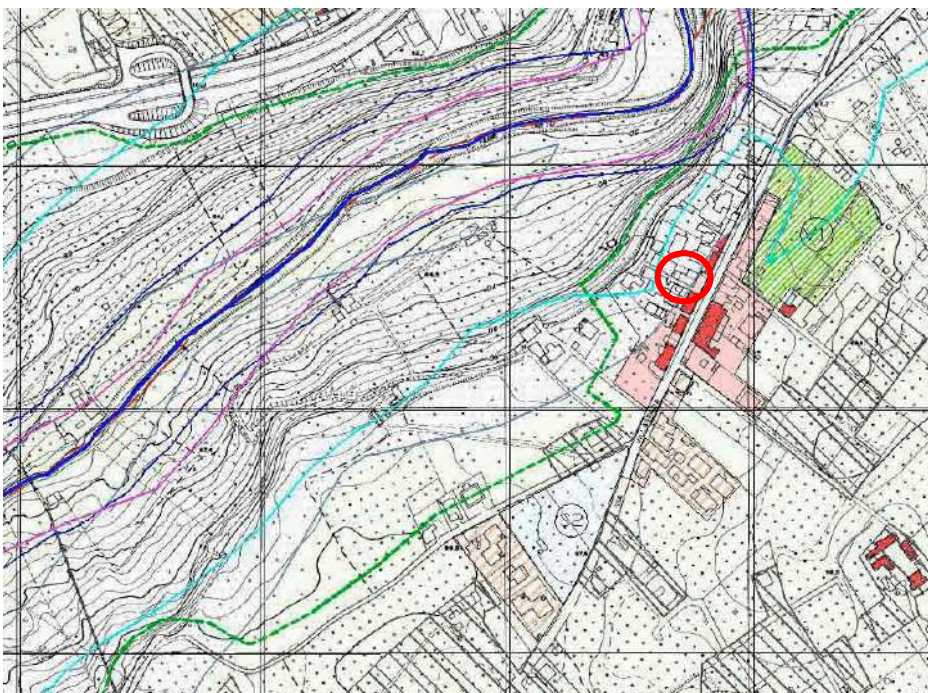
2. Vincolo boschivo di cui alla legge 16/96 e ss.mm.ii , l’area risulta esterna alla perimetrazione di bosco;



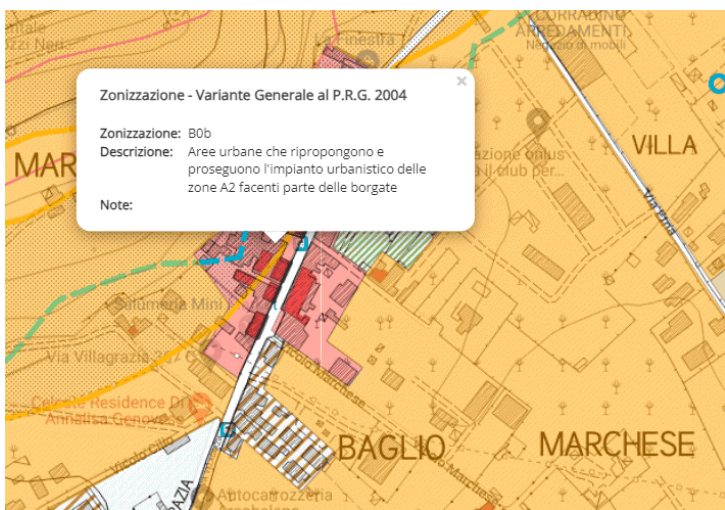
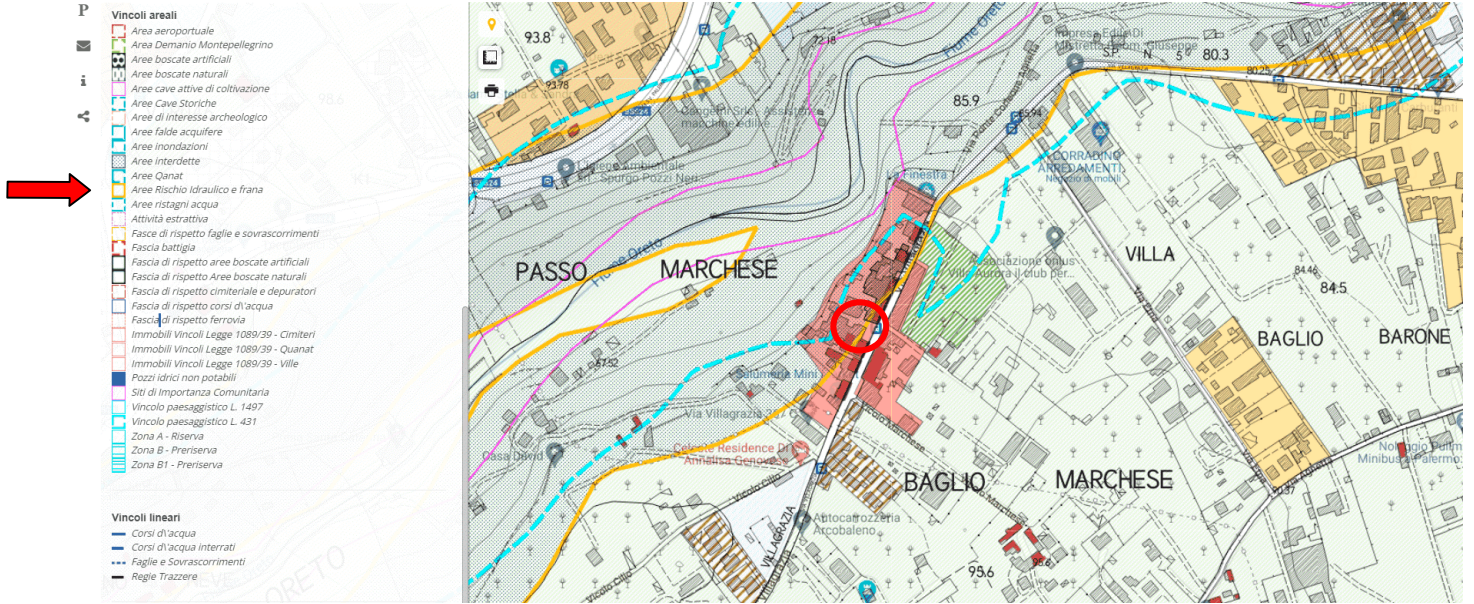
3. **Vincolo Idrogeologico**, ai sensi del Regio Decreto R.D. 3267 del 1923, anche questo vincolo risulta **non essere perimetrato**.



Dalle cartografie specializzate nel settore ed attenendosi alle loro disposizioni si evince, quindi, che l'immobile in questione, **non** ricade in area soggetta a Rischio o Pericolosità Geomorfologica o Idraulico (R1-R2-R3-R4) così come anche riportato nella Tavola P2a n°5012 del P.R.G. di Palermo, Presa D'atto Delibera 7/2004:



invece, ricade **(seppur in maniera molto marginale)** in area soggetta a "Rischio Idraulico e Frana", nell'ambito della Zonizzazione, variante al P.R.G. di Palermo 2004, di seguito riportato:



A tal scopo è stato necessario eseguire una indagine geofisica, geomorfologica e geologica all'interno del lotto in esame, al fine di approfondire ulteriormente la conoscenza dell'immediato sottosuolo sottostante all'immobile in questione per dimostrare in maniera chiara la non appartenenza a tale area di rischio.

L'incarico, pertanto, prevedeva l'esecuzione di tutti i rilievi ed indagini necessarie per:

- rilievo geolitologico di superficie tendente al riconoscimento della natura delle caratteristiche litotecniche affioranti;
- considerazioni geomorfologiche e geotecniche sul terreno di fondazione.
- analisi sismica del sottosuolo di fondazione.
- documentazione fotografica
- definizione dell'assetto idrogeologico e relativo accertamento del livello piezometrico;

1.2 Localizzazione del sito

L'appartamento in esame ricade presso la Via Villagrazia, 341 nel Comune di Palermo identificato dalle coordinate geografiche: lat. 38.0845772° - Long. 13.337063° in terreno pressochè pianeggiante con pendenza pari a 2,2° lungo la via Villagrazia, e si pone ad una quota media di 92m sul livello del mare (mt s.l.m.). Il lotto si trova alla distanza di circa 142m dalla sponda destra del Fiume Oreto;

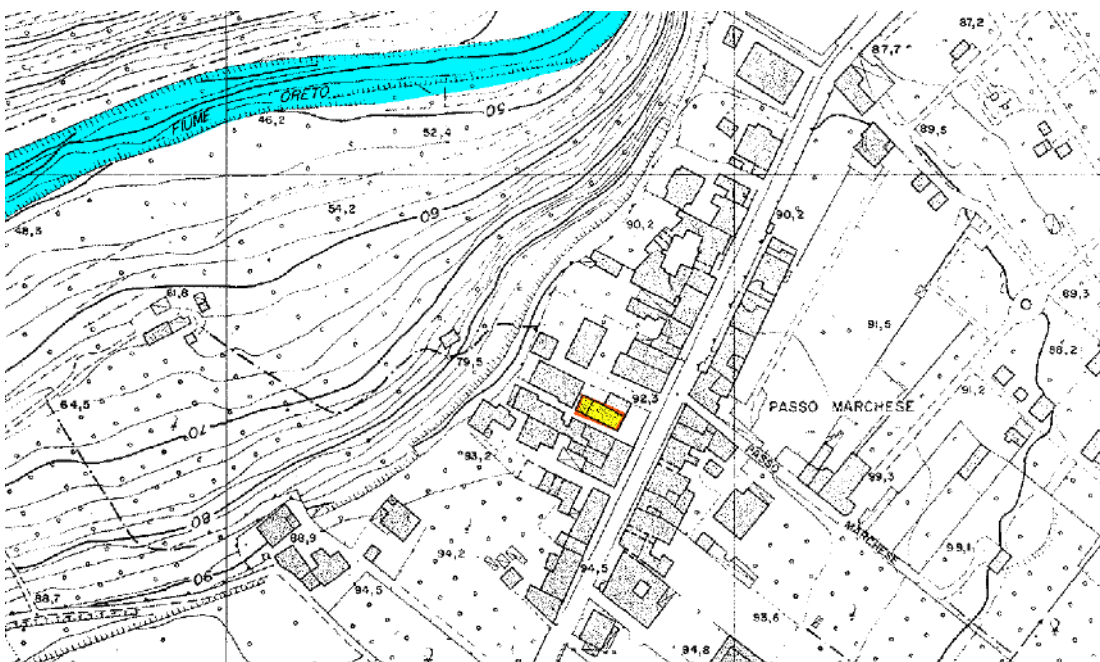


Fig. 1.2.1.:
Carta
aerofotogrammetrica a
scala 1:2.000 - Foglio
n. 54.

2.0 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E GEOMORFOLOGIA

Il riferimento cartografico ove ricade il nostro lotto è la Tav. I.G.M. 1 : 25.000 "*Misilmeri*" Fg. 249 II S.E. L'assetto geomorfologico di questa parte di territorio deriva da una combinazione di processi endogeni ed esogeni, cui si sono aggiunti interventi antropici, in parte piuttosto consistenti, che ne hanno modificato l'originaria topografia. I processi endogeni (fasi tettoniche disgiuntive pleistoceniche) sono responsabili del posizionamento della maggior parte dei margini dei rilievi carbonatici che delimitano verso l'entroterra l'intera piana, oltre che della formazione di alcuni tratti di costa e di lineazioni strutturali su cui si è impostata la rete idrografica principale della "*Conca d'Oro*". Pertanto, ne hanno quindi prodotto la morfologia generale, oggetto dell'azione modellatrice degli "esogeni" (principalmente le acque marine e fluviali quali la presenza del Fiume Oreto), che hanno "affinato" e appiattito forme originarie altimetricamente articolate, occultando la lettura dei rapporti (in alcune aree almeno) tra strutture e morfologie derivate.

La configurazione topografica della Piana, in questa fase pre-antropica della sua evoluzione, è pertanto la conseguenza dell'azione erosiva e di accumulo degli antichi corsi d'acqua (connessa con le oscillazioni eustatiche) e dell'azione delle correnti marine che, su un substrato argillo-marnoso estremamente irregolare, rielaboravano e ridistribuivano in un'area costiera caratterizzata da acque basse e agitate i sedimenti erosi dai rilievi circostanti ed ivi trasportati.

Riguardo le caratteristiche geologico-strutturali del territorio palermitano, esse si inquadrano in quello schema generale a falde di ricoprimento, ormai riconosciuto come i "*Monti di Palermo*". Questi rappresentano un segmento della "*Catena Siciliana*" costituito da successioni mesozoico-terziarie, derivanti da aree paleogeografiche contigue e diverse (di piattaforma carbonatica e di bacino), individuatesi durante le fasi di distensione mesozoiche.

2.1 Geomorfologia locale

L'area in esame si inserisce nel contesto morfologico generale della "*Piana di Palermo*", e risulta localizzata nella sua fascia sud, in prossimità del tratto in cui il Fiume Oreto comincia a scorrere in un territorio pressochè pianeggiante dove affiorano depositi esclusivamente calcarenitici e quindi molto rigidi e tenaci con pendenze inferiori al 10%, a quota di circa 92.0 m s.l.m e distante dalla sua foce deltizia oltre 4700m; In questo contesto si colloca il sistema complesso della "*valle fluviale*", che è il risultato dell'azione fluviale che si esplica lungo l'alveo e la pianura e i processi denudazionali sui versanti, con il risultato della formazione di

una superficie pianeggiante adiacente al corso d'acqua o pianura alluvionale costituita da sedimenti alluvionali (alluvioni) depositati dal corso d'acqua stesso (Tav. 4) e i margini dei terrazzi laterali che offrono una resistenza maggiore all'azione disagregatrice delle acque di scorrimento fluviale o meteoriche.



Fig 2.1:
Schematizzazione
dell'azione
dell'erosione fluviale
nei confronti delle
pareti calcarenitiche,
massima (in rosso)
e praticamente
inesistente (in verde)
rispetto al nostro
edificio.



Inoltre, lo scrivente si è avvalso di ripetuti sopralluoghi eseguiti soprattutto nella parte retrostante dell'immobile in esame, quella prospiciente il Fiume Oreto, meglio schematizzata nella Tav.1, e di seguito riportata fotograficamente, ove si confermano le condizioni di stabilità già riscontrate nel lotto in esame:



Fig 2.2:

Area retrostante l'edificio in esame. Si presenta in condizione di assoluta stabilità dovuto alla notevole distanza dell'azione dell'erosione fluviale nei confronti della parete calcarenitica ove insiste il nostro edificio.





Fig 2.3:

Area retrostante l'edificio in esame, variamente urbanizzata e geomorfologicamente stabile.

Dall'indagine geomorfologica dell'area investigata si evince una generale morfologia tabulare e regolare, con andamento dolce e pianeggiante, tipico di aree impostate su terrazzi marini quaternari, caratterizzati in generale, da una leggerissima pendenza. Il lotto interessato nel complesso, appare privo d'elementi geomorfologicamente attivi. Trattandosi, dunque, di un'area priva di turbative geostatiche in atto, i luoghi possono definirsi geomorfologicamente stabili e, pertanto, idonea a qualsiasi uso edificatorio; Pertanto, in relazione ai sopralluoghi e alle indagini svolte sui luoghi e nell'areale circostante al nostro lotto, attualmente il sito, può essere considerato geomorfologicamente stabile e non mostra scenari di pericolosità geologica e sismica o fattori morfologici, idrogeologici o idrologici che possono comprometterne la stabilità. Dal punto di vista della compatibilità geomorfologica ai sensi dell'art. 15 della L.R. 16/16 si esprime parere favorevole sul lotto ad ospitare l'immobile oggetto del presente studio.

3. SITUAZIONE GEOLOGICA

L'assetto geo-strutturale dei luoghi è definito, dal basso verso l'alto, dalla presenza di: un basamento profondo di natura calcarea ed età mesozoica in facies panormide; un deposito in facies flyschioide (afferente alla formazione Oligo-Miocenica del FLysch Numidico) che ricopre, con modalità pre-sinorogeniche, i terreni del basamento calcareo mesozoico, con potenza, in alcune zone, pari a diverse centinaia di metri; una copertura calcarenitica e/o argillo-sabbiosa databile al Pleistocene inf., che ricopre, con modalità trasgressive, i terreni oligo-miocenici ed è presente, con un esteso areale d'affioramento, caratterizzando l'immediato substrato della Piana di Palermo, ove forma un ampio terrazzo marino di spessore variabile da luogo a luogo in funzione dell'andamento irregolare del sottostante basamento argilloso (ove peraltro ricade il nostro lotto).

L'assetto strutturale dei luoghi è stato determinato dalla fase tettonica plicativa databile Messiniano-Pliocene medio e dalla successiva fase tettonica disgiuntiva d'età plio-quadernaria.

La geologia ufficiale ed i recenti studi di neotettonica (*"Geologia dei Monti di Palermo", Catalano et alii*) indicano la presenza di faglie solo nel basamento mesozoico profondo, e l'assenza di faglie attive nei sedimenti pleistocenici della Piana, che mostrano, infatti solo discontinuità di probabile risposta superficiale ad assestamenti di strutture profonde. In quest'ottica, la profonda incisione valliva del fiume Oreto risulta geneticamente legata alla presenza di una lineazione di faglia a piccolo rigetto, databile al Pleistocene inf., che si può considerare una discontinuità fossile che, a memoria storica, non ha mai dato segni di attività.

L'accertata assenza di fagliazioni superficiali attive in corrispondenza della copertura calcarenitica quadernaria, come quella presente nella nostra area in esame e costituente l'immediato substrato della Piana di Palermo, determina, pertanto, una forte mitigazione del rischio sismico locale.

3.1 Calcareniti bioclastiche:

Geologicamente, trattasi di un complesso arenaceo, costituito da *calcarenite bianco-giallastra* di età pleistocenica (recente), volgarmente detta tufo, costituente la chiusura del ciclo sedimentario quadernario.

Lo spessore di tale formazione sedimentaria in questa zona risulta variabile, ma comunque superiore a m 4.00 - 5.00m dal p.c., a grana fine ed uniforme a diverso grado di cementazione e con variabile contenuto in silice con rari livelli sabbiosi intercalati poco addensati. La giacitura è suborizzontale e sono stati rilevati, inoltre, frammenti di gusci di lamellibranchi. Tale deposito sedimentario calcarenitico, post-orogeno, poggia in trasgressione su un basamento argilloso ed argillo-marnoso, impermeabile. In particolare, nell'area investigata, tali affioramenti calcarenitici risultano mascherati da una modesta coltre di *terreno vegetale* o riporto antropico e di debole spessore.

4. IDROGEOLOGIA

L'assetto idrogeologico dei luoghi è definito dalla presenza di due orizzonti acquiferi talora nettamente separati mediante l'interposizione di depositi *impermeabili* (*Argille oligo-mioceniche del Flysch Numidico o argille azzurre del Pleistocene inf.*), talora in comunicazione idraulica tra loro, laddove detta interposizione viene a mancare, e i terreni del basamento calcareo profondo risultano a contatto con i sedimenti della copertura calcarenitica plio-quadernaria.

L'acquifero profondo, individuabile lungo la fascia pedemontana che borda, a sud, la Piana di Palermo, ha sede nelle serie carbonatiche *mesozoiche* (*Calcari e calcari dolomitici a permeabilità alta per fratturazione e carsismo*) che ospitano una falda in rete alimentata dagli apporti pluviometrici sulle aree montane (ove i rilievi calcareo-dolomitici espongono un esteso aereaale d'affioramento) oltre che, per via sotterranea attraverso una fitta rete di canali e cavità carsiche e, non ultimo, grazie alla presenza delle lineazioni tettoniche esistenti nel territorio, che fungono da veri e propri dreni sotterranei, convogliando il flusso idrico al punto finale di recapito (il mare).

L'acquifero superficiale ha sede nei terreni della copertura plio-quadernaria che caratterizzano l'immediato sottosuolo della Piana di Palermo (***calcareniti organogene, più o meno cementate e stratificate con livelli sabbiosi e/o argillo-sabbiosi, a permeabilità alta per porosità***).

Al suo interno si realizza un flusso idrico sotterraneo condizionato da molteplici fattori: l'irregolare andamento morfologico del substrato argillo-arenaceo di base, i rapporti di continuità idraulica con i terreni del substrato calcareo, la presenza, in seno alla stessa formazione calcarenitica, di orizzonti litologici a permeabilità differente, la vicinanza del recapito finale (il mare). A grandi linee, comunque si realizza un deflusso idrico sotterraneo secondo linee di flusso perpendicolari alla linea di costa, e con morfologia della superficie piezometrica modellata sulla morfologia sepolta delle formazioni impermeabili di base (Argille brune oligo-mioceniche e/o argille azzurre pleistoceniche).

In particolar modo nel nostro lotto la piezometrica della falda freatica si posiziona a circa - 32mt. di profondità dal piano di calpestio (+ 55m s.l.m.).

5.0 Modello geotecnico del sottosuolo

In relazione alla specificità del lavoro in oggetto, la risposta in chiave geomeccanica dei terreni affioranti nel sito studiato è stata affrontata fino ad un livello tale da dare delle conoscenze generali sulla diversità di comportamento litotecnico dei terreni. Del resto l'entrata in vigore delle nuove norme tecniche (NTC 2018) con

le quali vengono indicate con precisione le linee operative da seguire per giungere alla quantificazione delle proprietà dei terreni, impone approcci prestazionali ed un rigore specifico per la progettazione geotecnica.

L'insieme dei dati raccolti per mezzo del lavoro di indagine e di ricerca svolto sinora, consente di proporre una classificazione dei terreni e della formazione riconosciuta in sito, in funzione delle loro principali caratteristiche fisico-meccaniche.

Sulla base dei dati ricavati dalla campagna di indagini eseguite per la definizione dei parametri geotecnici caratteristici del Modello Geotecnico posto a base delle verifiche delle opere e interventi che interagiscono con il volume significativo del terreno di fondazione *dell'appartamento in esame posto in via Villagrazia, 341 al Piano Terra*, in conformità con quanto previsto dalle nuove NTC di cui al D.M. 17.01.2018.

Il Substrato è rappresentato dalla calcarenitica bioclastica, vacuolare da mediamente cementata a ben cementata intercalata a sabbie giallastre; La coesione drenata è pari a 0,00kg/cmq, mentre l'angolo d'attrito interno (φ) risulta prossimo a 32°. Trattasi di materiali più o meno sciolti a grana medio fine di cui all'unità litotecnica G1c – G2 – G3.

5.1 Substrato

Trattasi di sedimenti calcarenitici, mascherati da una copertura di terreno vegetale o riporto antropico il cui spessore nella nostra area è prossimo ai 1.0m circa. Segue la formazione calcarenitica organogena più compatta e consistente, potente fino oltre a 50m circa di spessore stratigrafico; tale complesso pleistocenico rappresenta, in termini di distribuzione areale, uno dei litotipi maggiormente esteso nel territorio identificato come Piana di Palermo. Si tratta di rocce molto eterogenee, che oscillano da caratteri di sabbia a sabbia fine con livelli di limo sabbioso, variamente addensata, a quelli di un'arenaria compatta o tenera e friabile o di aspetto vacuolare, a cemento calcitico, fino a quelli di una calcirudite, ad elementi sub-arrotondati o spigolosi, ad elevato grado di cementazione. E' spesso visibile una stratificazione di tipo sub-orizzontale, frequentemente incrociata o con disposizione lenticolare delle singole facies.

Trattasi, comunque, di una formazione con alto grado di cementazione e con scarse pendenze in affioramento.

Fig. 5.1.1: Quadro stratigrafico e geotecnico generale

PARAMETRI GEOTECNICI – Natura granulare								
n° strati	Prof. (m)	Litologia	Nspt	Densità relativa (DR %)	Angolo di attrito interno (ϕ°)	Modulo di deformazione drenato (E' kg/cm ²)	Peso di volume saturo γ_{sa} t/cm ³	Coesione non drenata CU kg/cm ²
1	0.00 – 1.00	Terreno vegetale compressibile	4	15	26°	222	1.87	0.25
2	1.00 – in poi	Substrato ben addensato	23	54.5	32°	369	2.01	1.44

Profondità (m)	Sigla	Stratigrafia	Descrizione
Da 0.00 m a 1.00m	TV		Terreno vegetale rossastro
Da 1.00 m in poi	CC		Calcarenite nodulare di colore giallino, tenace.

Fig. 5.1.2:
Profilo geomeccanico dell'immediato sottosuolo.

PROFILO GEOMECCANICO

LEGENDA



Alluvioni con livelli ripetuti di ciottoli, sabbie, argille, silt talora limi torbosi, particolarmente presenti nell'attuale corso del F. Oreto e negli antichi corsi d'acqua del Papireto e F. Mattempo; presentano una bassa permeabilità complessiva, e con spessore massimo a 70 m (località Fonte delle Grazie), (Olocene).

Alluvioni limo sabbiose compressibili

Parametri geotecnici di riferimento:

Angolo di attrito interno: 26°;

Coesione drenata (CD): 0,00 Kg/cm²; 0,00 Mpa

Coesione non drenata (Cu): 0,44 Kg/cm²

Peso di volume (γ_{sat}): 1,86 t/m³

Modulo di deformazione drenato (E'): 245 Kg/cm²;



Blocchi calcareniti bianco-giallastre, talora fossilifere si presentano a grandi fide ed uniforme, variamente cementate con rare intercalazioni sabbiose e sabbie argillose. La permeabilità è buona per parità in relazione al diverso grado di cementazione; mentre lo spessore varia da 40 m in prossimità del Pollicinico a pochi metri oltre la Via Regione Siciliana. Pleistocene inf.

Unità Litotecnica: Calcarenite organogena nodulare di colore giallastro, tenera, interstratificata a sabbie gialle con noduli.

Parametri geotecnici di riferimento:

Angolo di attrito interno: 32°;

Coesione drenata (CD): 0,00 Kg/cm²; 0,00 Mpa

Rottura a compressione (σ_r): 2,00 - 2,40 Mpa (20,43 - 25,26 Kg/cm²);

Peso di volume (γ_{sat}): 2,08 t/m³

Modulo di deformazione drenato (E'): 384 Kg/cm²;

Presenza di acqua: oltre 55 metri dal p.c.

6. CARATTERIZZAZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICITA' DEL SITO

6.1 La pericolosità sismica

La sismicità del territorio è legata alla presenza di attività neotettonica intendendo con questo termine i movimenti tettonogenetici. Si possono distinguere movimenti neotettonici lineari che si sviluppano lungo superfici di discontinuità preesistenti e movimenti neotettonici areali che determinano sollevamenti e/o abbassamenti differenziali. La pericolosità sismica è la probabilità che un valore prefissato di pericolosità, espresso da un parametro di moto sismico al suolo (l'accelerazione massima) o da un grado d'intensità macrosismica, sia superato in un dato sito (o in un insieme di siti) entro un dato periodo di tempo e, in un certo senso, può essere considerato uno strumento di previsione delle azioni sismiche attese in un certo sito su base probabilistica. La pericolosità sismica può essere pertanto rappresentata attraverso due indicatori:

- *accelerazione orizzontale massima del terreno attesa **ag***
- *l'intensità macrosismica*

Per quanto attiene la definizione della pericolosità sismica attraverso l'accelerazione orizzontale massima del terreno **ag** o PGA (*Peak Ground Acceleration*, ovvero picco di accelerazione al suolo) con l'Ordinanza P.C.M. n. 3519 del 28/04/2006 è stata elaborata la nuova mappa di pericolosità sismica del territorio italiano. In particolare la mappa definisce localmente i livelli di accelerazione massima su suolo roccioso (suolo di categoria A, Vs30 >800 m/s) con una probabilità di eccedenza pari al 10% in 50 anni, ovvero un periodo di ritorno pari a 475 anni (punto 3.2.1. del D.M. 14.09.2005).

Per cui il comune di Palermo risulta inserito nella 2^a zona sismica, individuata secondo i valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo a_g con probabilità di superamento del 10% in 50 anni secondo il seguente schema:

Fig. 6.1.1: Valori di accelerazione di picco

Zone	Acc. Orizz. a_g/g con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni PGA	Acc. Orizz. di ancoraggio dello spettro di risposta elastica	Simicità
1	> 0.25	0.35	Alta
2	0.15 - 0.25	0.25	Media
3	0.05 - 0.15	0.15	Bassa
4	< 0.05	0.05	Molto bassa

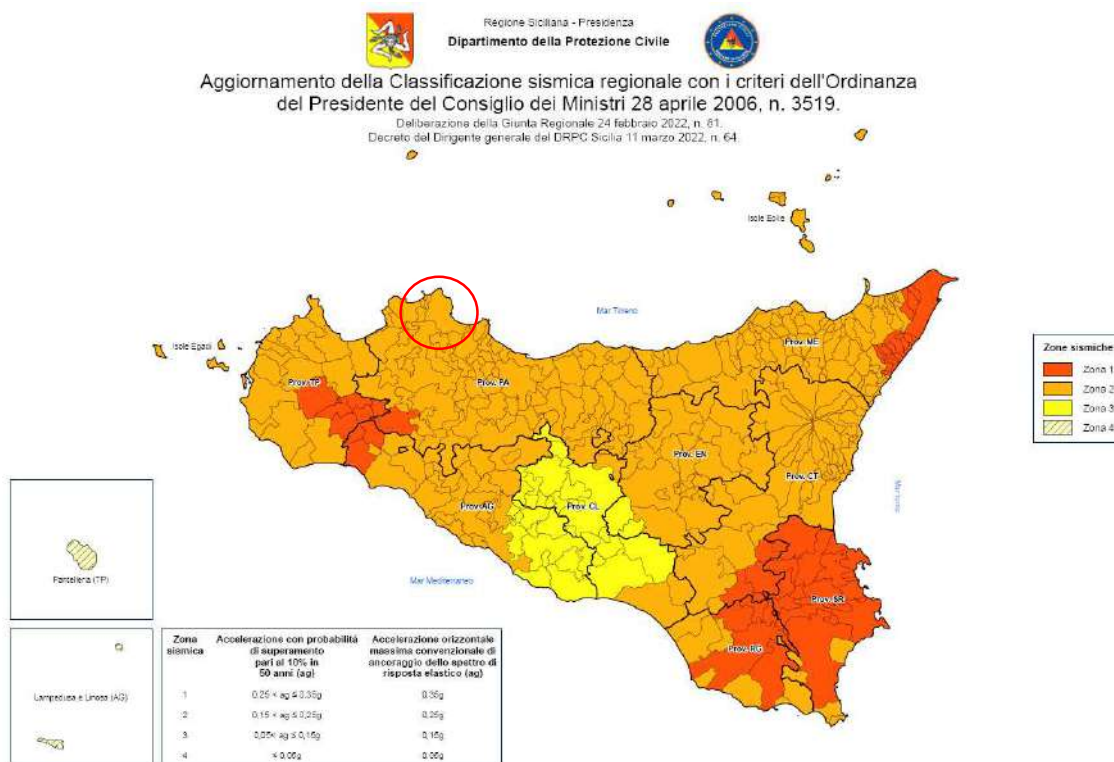
Con l'entrata in vigore del *D.M. 14 gennaio 2008 e successivi*, infatti, la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio "*sito dipendente*" e non più tramite un criterio "*zona dipendente*". L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite presi in

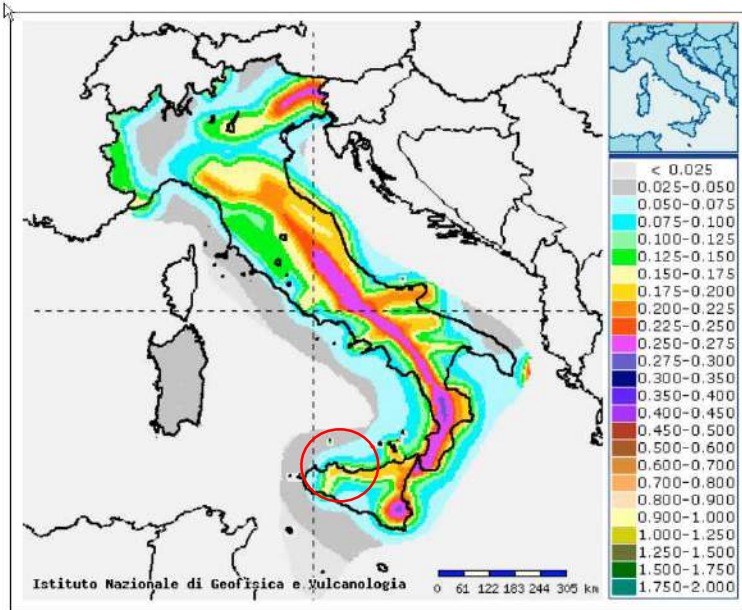
considerazione viene definita partendo dalla “*pericolosità di base*” del sito di costruzione, che è l’elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell’azione sismica.

Il secondo livello riguarda la porzione più superficiale del terreno, in cui la risposta sismica è controllata dalle proprietà fisico meccaniche dei terreni. Per tale caratterizzazione è necessario eseguire indagini sismiche che permettono di redigere una carta della microzonazione sismica locale. Si tratta di individuare la pericolosità di aree limitate, con finalità di scenari, piani di emergenza recupero di vecchi insediamenti e pianificazioni di nuovi insediamenti. A tal scopo è stata eseguita una campagna geofisica a mezzo di indagini HV/SR di seguito riportate.

6.2 La pericolosità sismica di base

Allo stato attuale, la pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell’intervallo di riferimento, è fornita dai dati pubblicati sul sito <http://esse1.mi.ingv.it/>. eventuali differenti pericolosità sismiche sono approvate dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, previa istruttoria effettuata dal Dipartimento per la Protezione Civile.





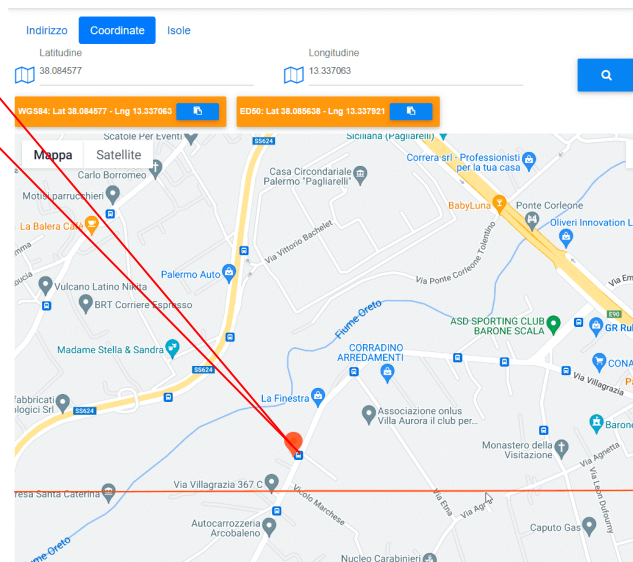
Mapa Sismica 2008 – Reticolo di riferimento

Fig.6.2.1:
Classificazione sismica regionale.

Fig 6.3.1:
Ubicazione area (Geostru map).

6.3 Parametri sismici di base per il sito in oggetto.

Latitudine:	38.084577°N
Longitudine	13.337063°E
mt. s.l.m.	92
Frequenza caratteristica di risonanza del sito (f ₀)	0.75 Hz (hvrs1) 0.71 Hz (hvrs2)
Categoria di sottosuolo	B
V _{seq}	676 m/s - MASW
Categoria topografica	T1
Accelerazione Max al suolo (SLC) [m/s ²]	2.678
Profondità del contrasto di impedenza.	oltre 50m (hvrs)



siti di riferimento

sito 1	ID: 45396	Lat: 38,0848	Lon: 13,3008	Distanza: 3254,671
sito 2	ID: 45397	Lat: 38,0849	Lon: 13,3641	Distanza: 2291,924
sito 3	ID: 45175	Lat: 38,1349	Lon: 13,3640	Distanza: 5931,166
sito 4	ID: 45174	Lat: 38,1348	Lon: 13,3006	Distanza: 6366,499

6.4 Stati limite e probabilità di superamento PVR

L'azione sismica viene valutata in relazione a ciascuno degli stati limite, sia di esercizio che ultimi, valutati in riferimento alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, considerando gli elementi strutturali e non e gli impianti. Gli stati limite individuati dalla normativa sono sostanzialmente quattro, suddivisi in due categorie: stati limite di esercizio e stati limite ultimi.

Gli stati limite di esercizio sono (SLE):

- *stato Limite di Operatività (SLO)*: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- *stato Limite di Danno (SLD)*: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi sono (SLU):

- *stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV)*: a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- *stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC)*: a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Le probabilità PVR di superamento nel periodo di riferimento VR, a cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono le seguenti: - SLO 81%; - SLD 63%; - SLV 10%; - SLC 5%

STATO LIMITE	Prob. Superamento %	Tr	ag [g]	Fo	Tc* (s)
SLO (Operatività)	81	30	0,044	2,329	0,229
SLD (Danno)	63	50	0,061	2,331	0,249
SLV (Salvaguardia vita)	10	475	0,179	2,380	0,290
SLC (Prevenzione collasso)	5	975	0,231	2,427	0,305

Fig 6.4.1: Valori dei parametri sismici ag, Fo, Tc per i periodi di ritorno Tr, associati a ciascun Stato Limite.

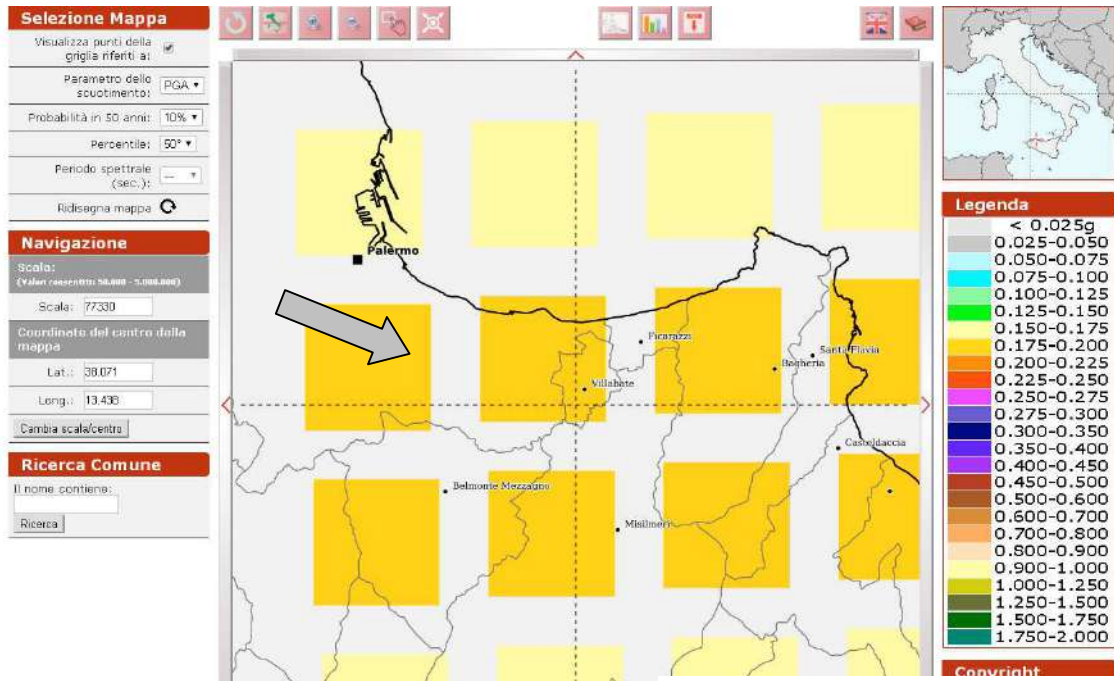


Fig 6.4.2: Mappa Interattiva della Pericolosità Sismica.

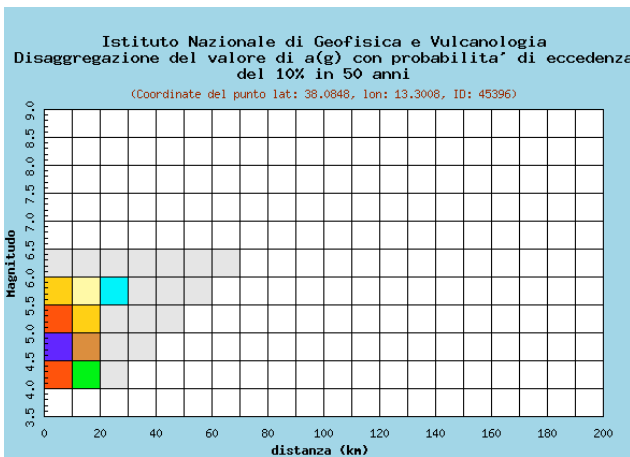


Fig. 6.4.3. Grafico di disaggregazione del valore di a(g) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni in funzione della distanza epicentrale e della magnitudo.

Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 38.0848, lon: 13.3008, ID: 45396)									
	Magnitudo									
	3,5-4,0	4,0-4,5	4,5-5,0	5,0-5,5	5,5-6,0	6,0-6,5	6,5-7,0	7,0-7,5	7,5-8,0	8,0-8,5
0-10	0.000	19.600	32.200	15.200	6.120	0.936	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	3.000	7.950	6.840	4.790	0.711	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.013	0.340	0.880	1.080	0.228	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.001	0.082	0.248	0.064	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.001	0.053	0.028	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Fig. 6.4.4. Tabella della disaggregazione del valore di a(g) con probabilità di eccedenza del 10 % in 50 anni in funzione della distanza dall'epicentro e della magnitudo; in basso i Valori medi di Magnitudo/Distanza..

Disaggregazione del valore di a(g) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni

Magnitudo	d in km	Epsilon
4,910	7,690	0,791

M= magnitudo (misura la forza di un terremoto attraverso le registrazioni degli strumenti (sismogrammi).

d = distanza da un probabile ipocentro (in riferimento ai terremoti storici)

Epsilon = numero di deviazioni standard per cui il logaritmo della PGA stimata dalla carta di pericolosità per il punto devia da quello mediano predetto dalla legge di attenuazione per la corrispondente coppia M-R

Data	Intensità al sito	Area epicentrale	Intensità epicentrale	Magnitudo
10/12/1542	V	Siracusano	X	6,6
11/01/1693	VII	Sicilia orientale	XI	7,4
12/04/1698	III - IV	Vizzini	VII	4,9
01/09/1726	VIII - IX	Palermo	VIII - IX	5,4
07/01/1727	III - IV	Noto	VII - VIII	5,1
16/08/1736	V	Ciminna	VII - VIII	5,2
13/06/1740	IV - V	Sciacca	VII - VIII	5,1
06/06/1777	VI	Calabria	VI	5,3



Data	Intensità al sito	Area epicentrale	Intensità epicentrale	Magnitudo
28/01/1831	III - IV	Milazzo	VI - VII	4,6
21/01/1907	V	Termini Imerese	VI	4,0
28/12/1908	V	Calabria meridionale	XI	7,2
15/01/1940	VII	Golfo di Palermo	VIII	5,0
31/10/1967	V	Monti Nebrodi	VIII	5,2
15/01/1968	VI - VII	Valle del Belice	X	6,1
15/04/1978	V	Golfo di Patti	VIII	6,0
13/12/1990	VI	Sicilia sud-or.	VII - VIII	5,2

Fig 6.4.5:
Intensità Macrosismica Osservata per il comune di Palermo.

6.5 Coefficienti sismici specifici del lotto in esame .

Oggetto	Compatibilità geomorfologica edificio
Categoria di sottosuolo	B
Categoria topografica	T1
Periodo di riferimento	50 anni
Coefficiente cu	1

	Ss	Cc	St	Kh	Kv	Amax [m/s ²]	Beta
SLO	1,200	1,480	1,000	0,000	0,000	0,519	0,000
SLD	1,200	1,450	1,000	0,035	0,017	0,723	0,470
SLV	1,200	1,410	1,000	0,081	0,041	2,103	0,380
SLC	1,180	1,390	1,000	0,000	0,000	2,678	0,000

Coefficienti sismici

Tipo Muri di sostegno NTC 2018
 Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m) 1 us (m) 0.1

Cat. Sottosuolo B
 Cat. Topografica T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,20	1,20	1,20	1,18
CC Coeff. funz categoria	1,48	1,45	1,41	1,39
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

Acc.ne massima attesa al sito [m/s²] 0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.000	0.035	0.081	0.000
kv	--	0.017	0.041	--
Amax [m/s ²]	0.519	0.723	2.103	2.678
Beta	--	0.470	0.380	--

Fig. 6 5.1
Calcolo del periodo di riferimento dell'azione sismica.

7. CONSIDERAZIONI SULLA COMPATIBILITA' IDRAULICA DEI LUOGHI E CONCLUSIONI

Alla luce di quanto fino ad ora esposto, sulla base delle considerazioni geomorfologiche ed idrogeologiche riportate precedentemente ed a riconferma della assoluta non appartenenza del lotto in area a Rischio o Pericolosità Geomorfologica e Idraulica, si riportano di seguito gli stralci di alcuni studi eseguiti nella Piana di Palermo quali la Carta delle aree della piana di Palermo soggette a fenomeni di alluvionamento (Quaderni del Museo Geologico Gemmellaro - Palermo 1989) e la Carta delle Zone Umide della Piana di Palermo);

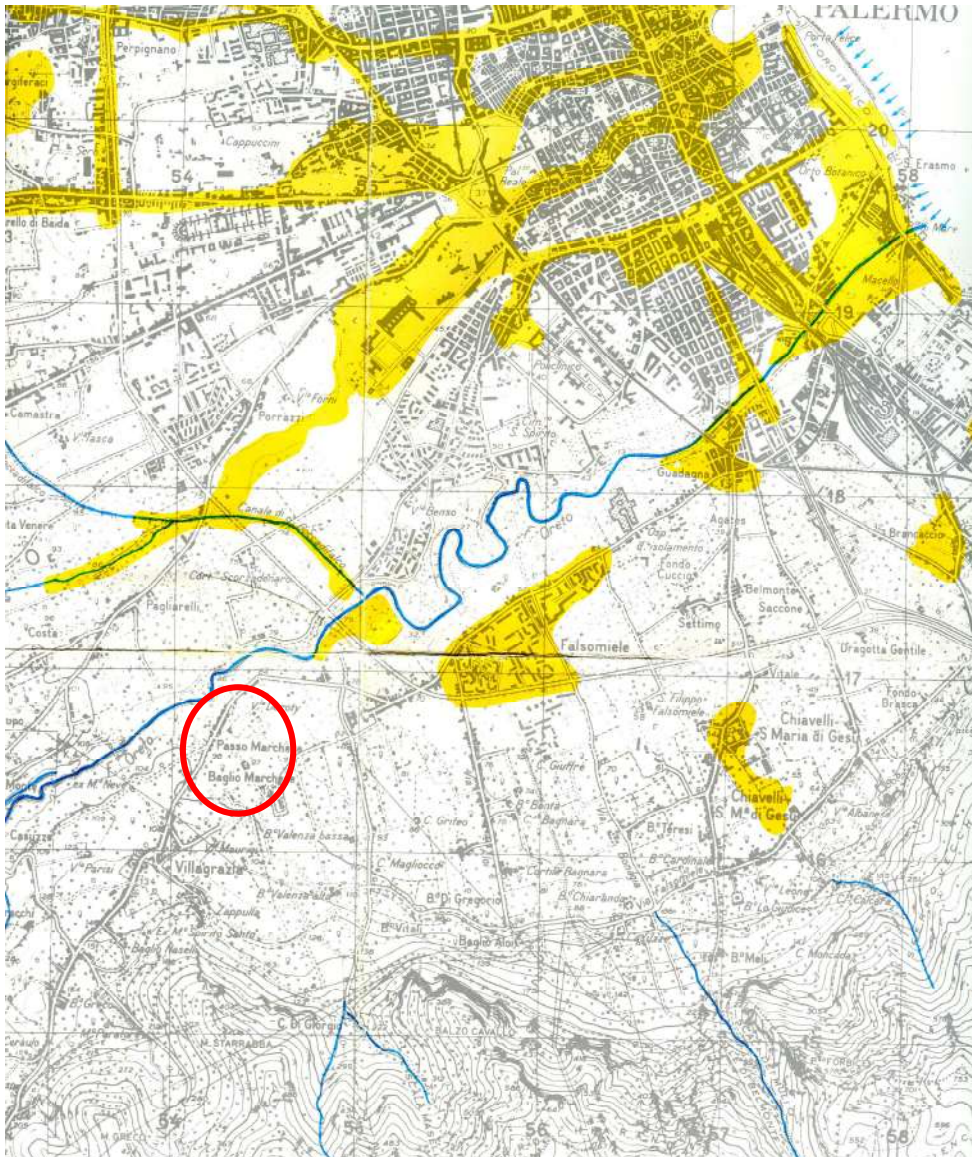


Fig. 7.1
Carta delle aree della piana di Palermo soggette a fenomeni di alluvionamento (Quaderni del Museo Geologico Gemmellaro - Palermo 1989)

- Aree soggette ad alluvionamento
- Idrografia e canali ufficiali
- Fasce costiere soggette a mareggiate

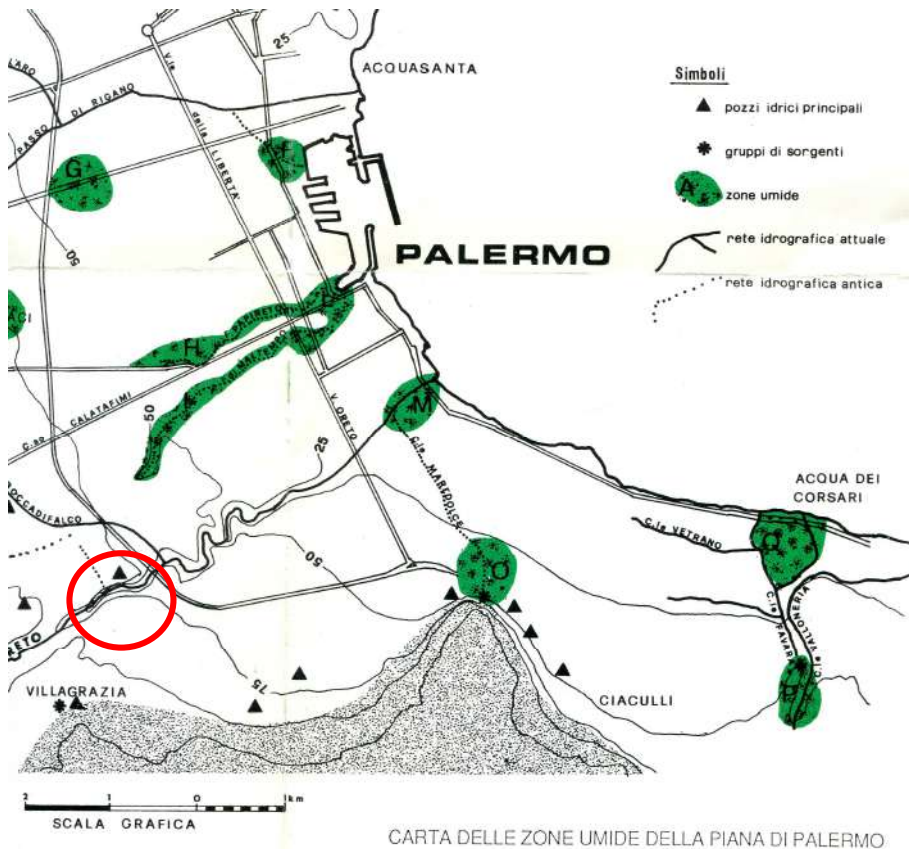


Fig. 7.2:
Carte delle Zone Umide della Piana di Palermo;

INQUADRAMENTO DELLE ZONE UMIDE DELLA PIANA DI PALERMO

TOPONIMI	SISTEMI	SOTTOSISTEMI	SIGLA
Mondello	Z.U. lacustre litorale	con spiaggia e barene	A
Castellana-Borsellino Passo di Rigano	Z.U. palustre emergente	temporanea urbanizzata	B
Mergiferaci	Z.U. palustre emergente	temporanea urbanizzata	C
Gabriele	Z.U. fluviale bassa perenne	con fondo roccioso arginata prosciugata	D
La Rocca-Pomara	Z.U. palustre emergente	temporanea urbanizzata	E
Ucciardone	Z.U. palustre emergente	temporanea urbanizzata	F
Malaspina	Z.U. palustre emergente	temporanea urbanizzata	G
Danisinni-Papireto- Piazza Venezia	Z.U. fluviale bassa perenne	con fondo roccioso urbanizzata	H
Fossa della Garofala- Giardinaccio-Lattarini	Z.U. fluviale bassa perenne	con fondo roccioso urbanizzata	I
La Cala	Z.U. estuarina intertidale	a fondo piatto interrata	L
Foce Fiume Oreto	Z.U. estuarina intertidale	a fondo piatto parzialmente arginata	M
Cirba-Cretazzi	Z.U. fluviale bassa perenne	con fondo non consolidato	N
S. Ciro-Maredolce	Z.U. lacustre limnetica	con fondo non interrata	O
La Favara	Z.U. fluviale bassa perenne	con fondo roccioso prosciugata	P
Acqua dei Corsari	Z.U. lacustre litorale	con costa rocciosa interrata	Q

secondo: CLASSIFICATION OF WETLANDS AND DEEP-WATER HABITATS
OF THE UNITED STATES
(on OPERATION DRAFT) U.S. DEPARTMENT OF THE INTERIOR,
FISH AND WILDLIFE SERVICE, 1977

8. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

E' stata redatta dallo scrivente la presente indagine, in ottemperanza al provvedimento di prosecuzione delle operazioni di "indagini sismiche e geologiche per la stesura di uno studio di Compatibilità Geomorfologica, da parte del Tribunale di Palermo – Sezione VI civile – Esecuzioni Immobiliari - Procedura 21/22 RGE a mezzo di Posta Elettronica Certificata PEC n. identificativo messaggio: 62923A6F.00267FF5.8120D456.246A14EC, relativo all'immobile sito in Via Villagrazia n.341, Piano Terra, nel Comune di Palermo, Fg. 69, p.lla 1665 sub.4.

La combinazione di diversi metodi d'indagine (prove di sismica passiva HVSR e attiva MASW) unitamente a diversi sopralluoghi espletati nell'area circostante l'edificio e la conseguente lettura dei risultati conseguiti ha portato alla formulazione di un modello geologico del sottosuolo al fine di fornire le indicazioni necessarie in relazione alla verifica della compatibilità geomorfologica dell'edificio in studio.

Per quanto concerne il P.A.I. "Piano di assetto idrogeologico Regione Sicilia", si evince che il sito in esame ricade nell'Area Territoriale tra il bacino del Fiume Oreto (039) e Punta Raisi (040) - C.T.R. 595090 (vedi Tav. PAI n. 3), da cui si evidenzia che il sito in esame non rientra in nessuno scenario di rischio o di pericolosità di dissesto idrogeologico sia esso da frana che da inondazione.

Anche nella Tavola P2a n°5012 del P.R.G. di Palermo, Presa D'atto Delibera 7/2004 l'edificio risulta fuori da qualsiasi perimetrazione di rischio o pericolosità di dissesto idrogeologico;

Invece, ricade **(seppur in maniera molto marginale)** in area soggetta a "Rischio Idraulico e Frana", nell'ambito della Zonizzazione, variante al P.R.G. di Palermo 2004, precedentemente riportato;

Dal punto di vista geotecnico i sedimenti individuati sono stati caratterizzati e sulla base dei risultati ottenuti è stato possibile ricostruire un modello geotecnico del sottosuolo senz'altro adeguato alle esigenze geotecniche di quanto presente all'interno del lotto di via Villagrazia, 431. Inoltre con l'applicazione di una particolare tecnica investigativa (MASW e HVRS) è stato anche possibile classificare il sottosuolo sulla base del parametro **Vseq**, riconducibile alla lettera "B" della tabella 3.2.11, oltre il relativo calcolo della *frequenza caratteristica di risonanza del sito*. Pertanto, dal punto di vista della **pericolosità sismica** si evince che il sito in esame è afferente a:

- "Zone Stabili dove non si prefigura nessuna amplificazione sismica locale del moto del suolo per effetto geologico in quanto trattasi di substrato rigido sub-affiorante";

Pertanto, dall'indagine geomorfologica dell'area investigata si evince una generale morfologia tabulare e regolare, con andamento dolce e pianeggiante, tipico di aree impostate su terrazzi marini quaternari, caratterizzati in generale, da una leggerissima pendenza. Il lotto interessato nel complesso, appare privo d'elementi geomorfologicamente attivi. Trattandosi, dunque, di un'area priva di turbative geostatiche in atto, i luoghi possono definirsi geomorfologicamente stabili e, pertanto, idonea a qualsiasi uso edificatorio; Pertanto, in relazione ai sopralluoghi e alle indagini svolte sui luoghi e nell'areale circostante al nostro lotto, attualmente il sito, può essere considerato geomorfologicamente stabile e non mostra scenari di pericolosità geologica e sismica o fattori morfologici, idrogeologici o idrologici che possono comprometterne la stabilità. Dal punto di vista della compatibilità geomorfologica ai sensi dell'art. 15 L.R. 16/16 ex art. 13 della L. 64/74 si esprime parere favorevole sul lotto ad ospitare l'immobile oggetto del presente studio.

A conclusione di quanto detto, rimandando alla lettura dei vari paragrafi della presente relazione per gli approfondimenti sui risultati ottenuti, si ritiene che gli elementi forniti e le indagini svolte completino adeguatamente il quadro geologico e geomorfologico necessario per la verifica di compatibilità di quanto espresso in epigrafe.

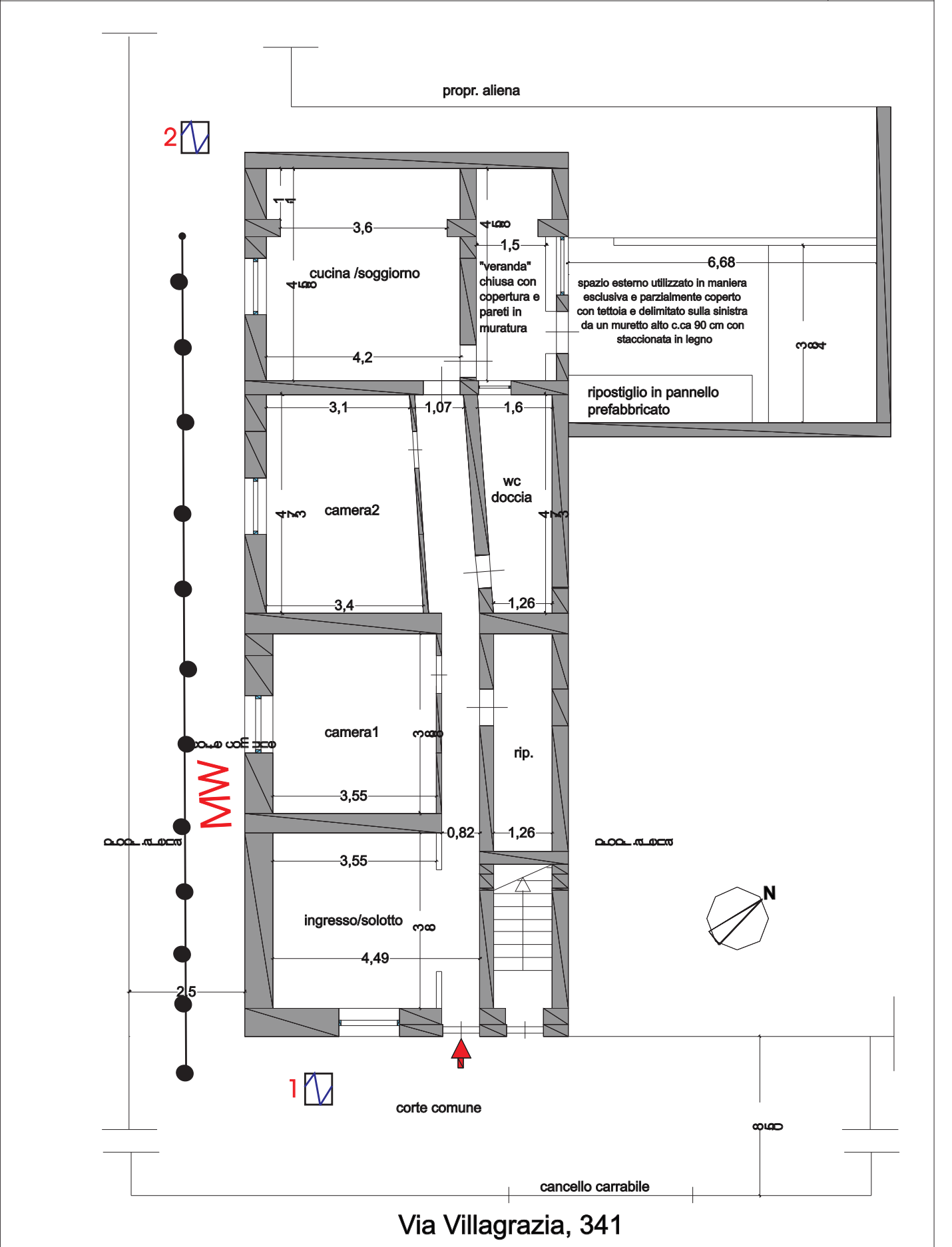
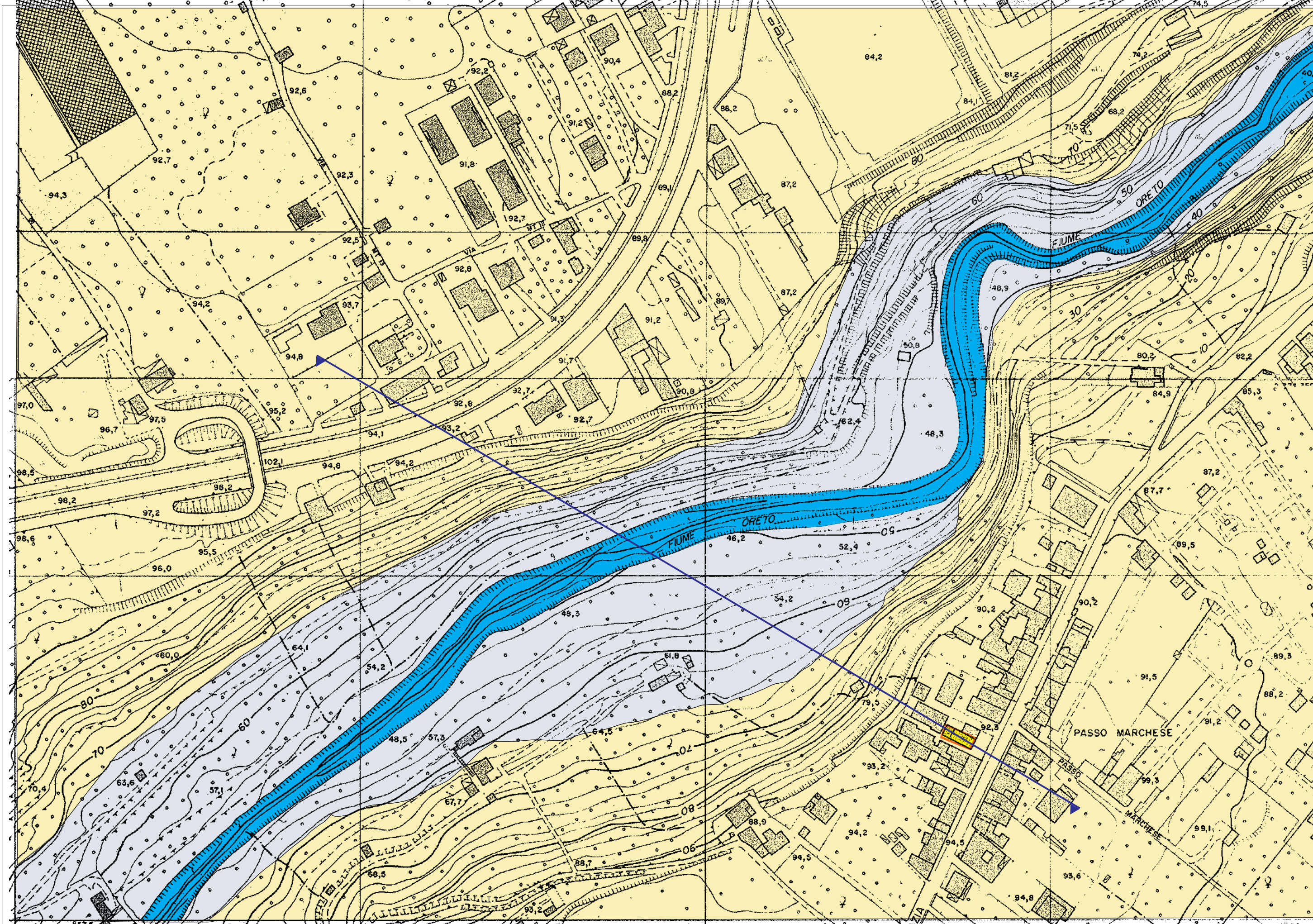
Montelepre Novembre 2023

IL GEOLOGO:

Dott. Geol. Francesco Sapienza

Albo Regionale dei Geologi di Sicilia, n. 1014





CARTA GEOLOGICA
 SCALA 1:2.000

LEGENDA

Alluvioni con livelli ripetuti di ciottoli, sabbie, argille, silt talora limi torbosi, particolarmente presenti nell'attuale corso del F. Oreto e negli antichi corsi d'acqua del Papireto e F. Maltempo; presentano una bassa permeabilità complessiva e con spessore massimo a 70 m (località Fonte delle Grazie). (Olocene).

Biocalcareniti bianco-giallastre, talora fossilifere si presentano a grana fine ed uniforme, variamente cementate con rare intercalazioni sabbiose e sabbie argillose. La permeabilità è buona per porosità in relazione al diverso grado di cementazione; mentre lo spessore varia da 40 m in prossimità del Policlinico a pochi metri oltre la Via Regione Siciliana. Pleistocene inf.

PROFILO GEOMECCANICO

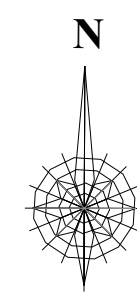
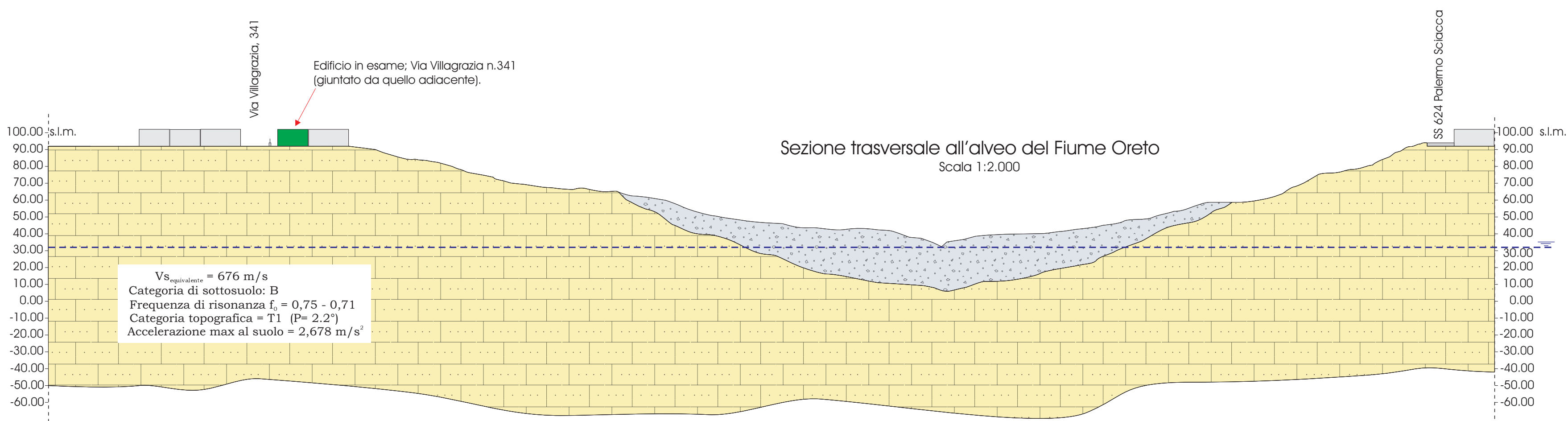
Alluvioni limo sabbiose compressibili
Parametri geotecnici di riferimento:
 Angolo di attrito interno: 26°;
 Coesione drenata (CD): 0.00 Kg/cm²; 0.00 Mpa
 Coesione non drenata (Cu): 0.44 Kg/cm²
 Peso di volume (γ_{sat}): 1.86 t/m³
 Modulo di deformazione drenato (E'): 245 Kg/cm²;

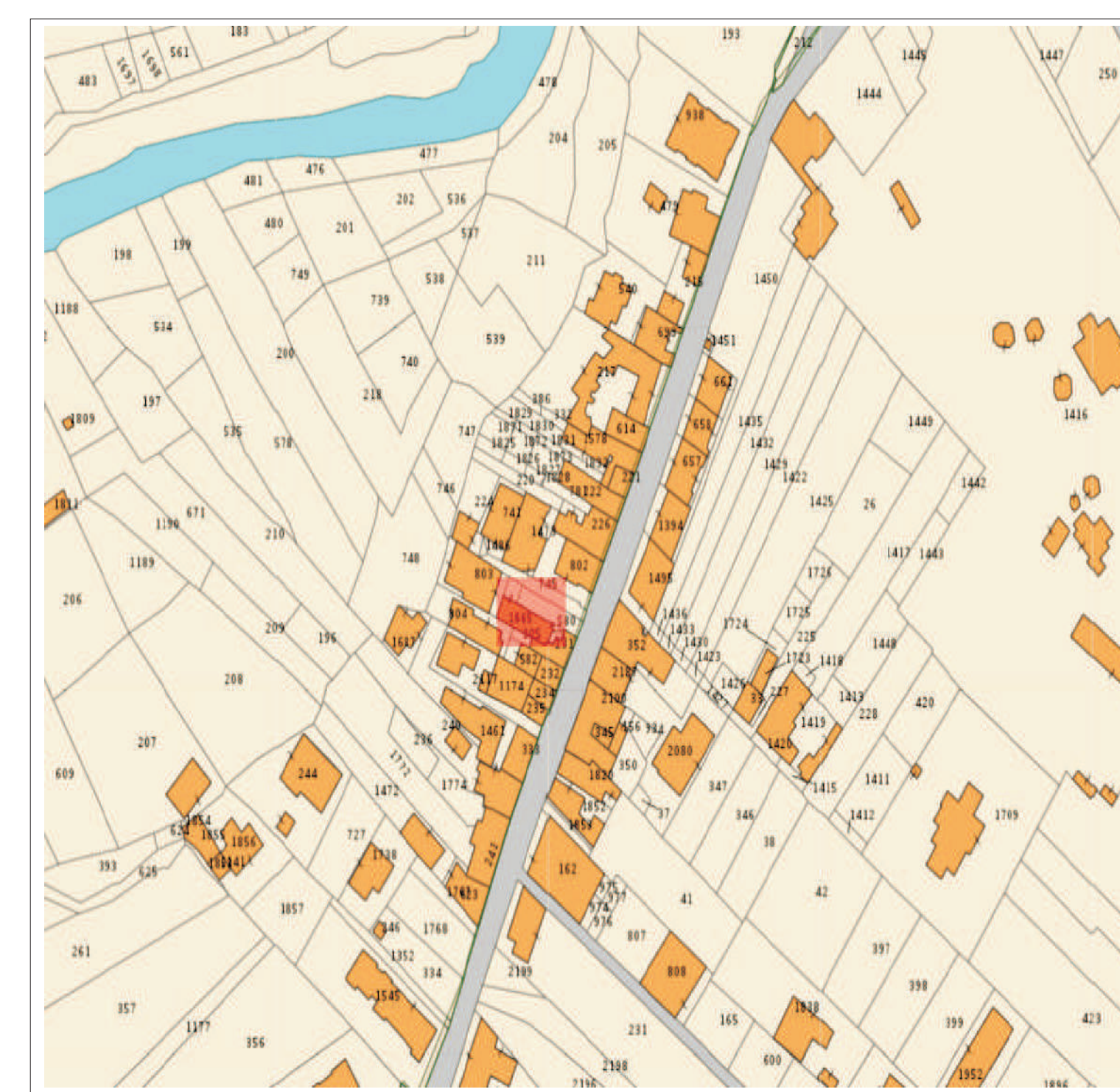
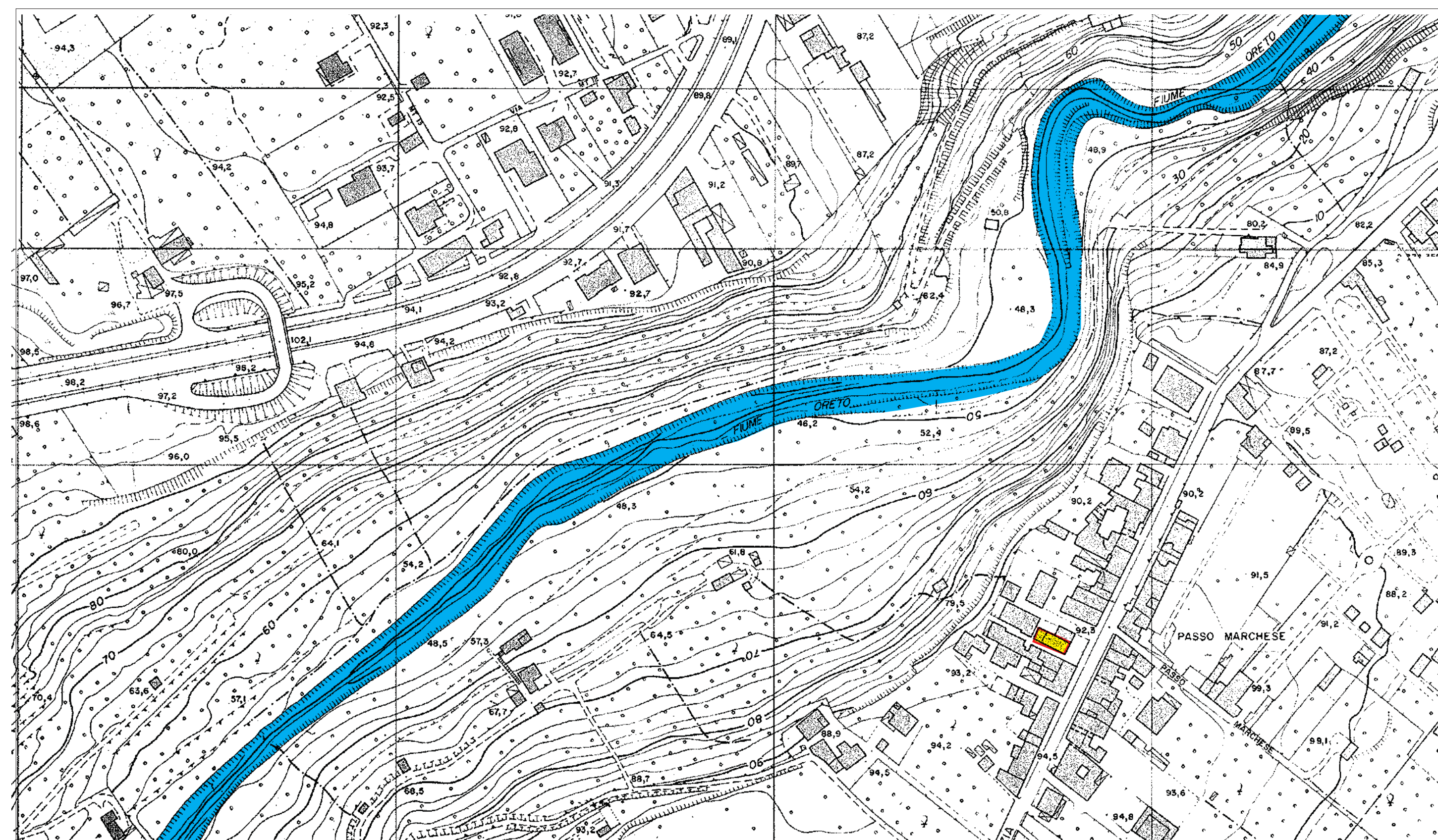
Unità Litotecnica: Calcarenite organogena nodulare di colore giallastro, tenera, interstratificata a sabbie gialle con noduli.
Parametri geotecnici di riferimento:
 Angolo di attrito interno: 32°;
 Coesione drenata (CD): 0.00 Kg/cm²; 0.00 Mpa
 Rottura a compressione (σ_r): 2.00 - 2.40 Mpa (20.43 - 25.26 Kg/cm²);
 Peso di volume (γ_{sat}): 2.08 t/m³
 Modulo di deformazione drenato (E'): 384 Kg/cm²;
 Presenza di acqua: oltre 55 metri dal p.c.

PLANIMETRIA DEI LUOGHI QUOTATA

PROVE SISMICHE

- Prova sismica attiva MASW ($v_{s,eq}$)
- Prova sismica passiva HV/SR (Lat: 38.084554°) (Long: 13.337072°)
- Prova sismica passiva HV/SR (Lat: 38.084654°) (Long: 13.336635°)
 Quota = 82 m s.l.m.
- Pendenza P=2,2° NE-SW
- Traccia sezione geognostica



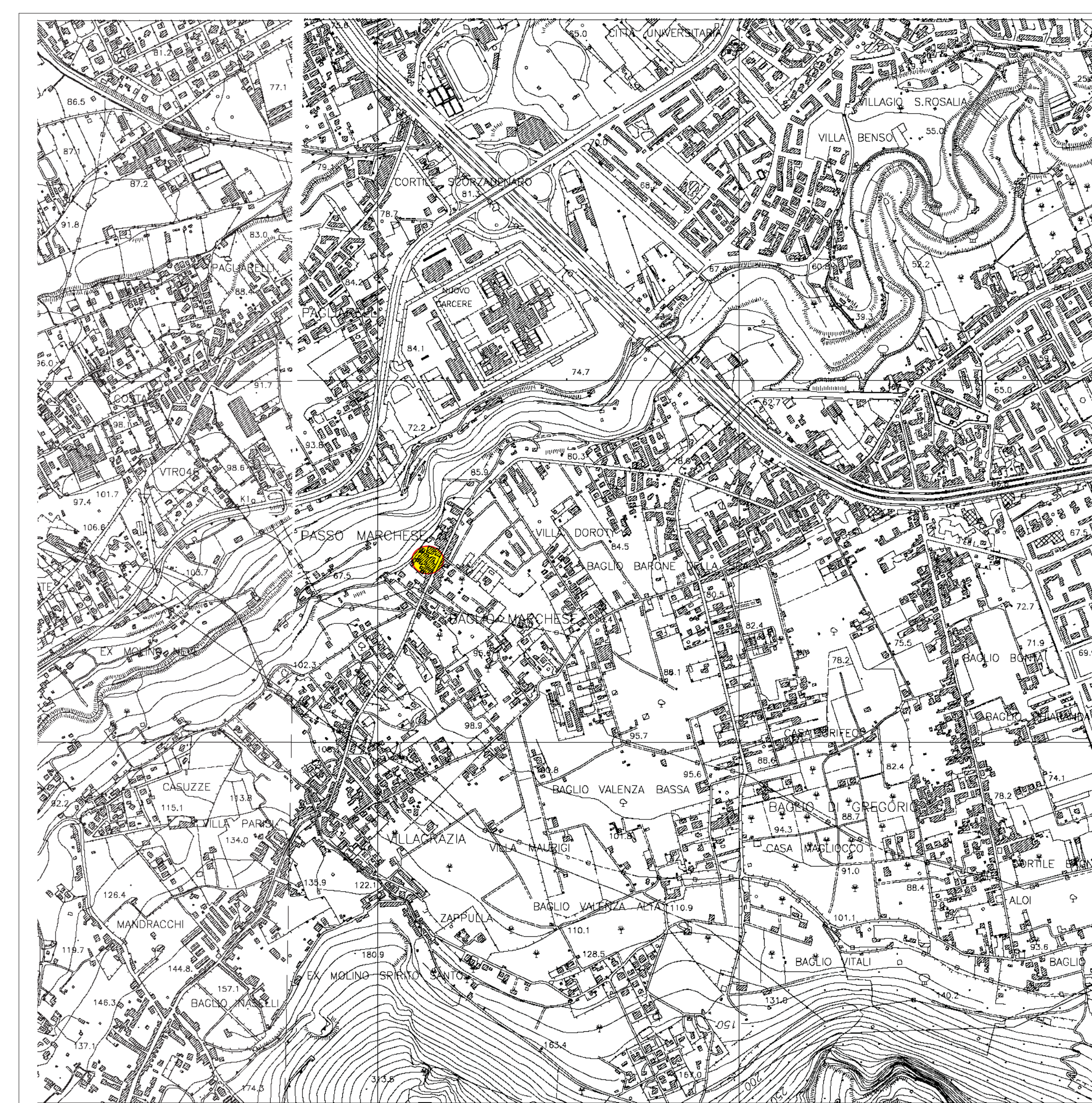


COMUNE DI PALERMO
Stralcio Catastale: Fg. 69 - p.lla 1665 sub.4 - Scala 1:2.000

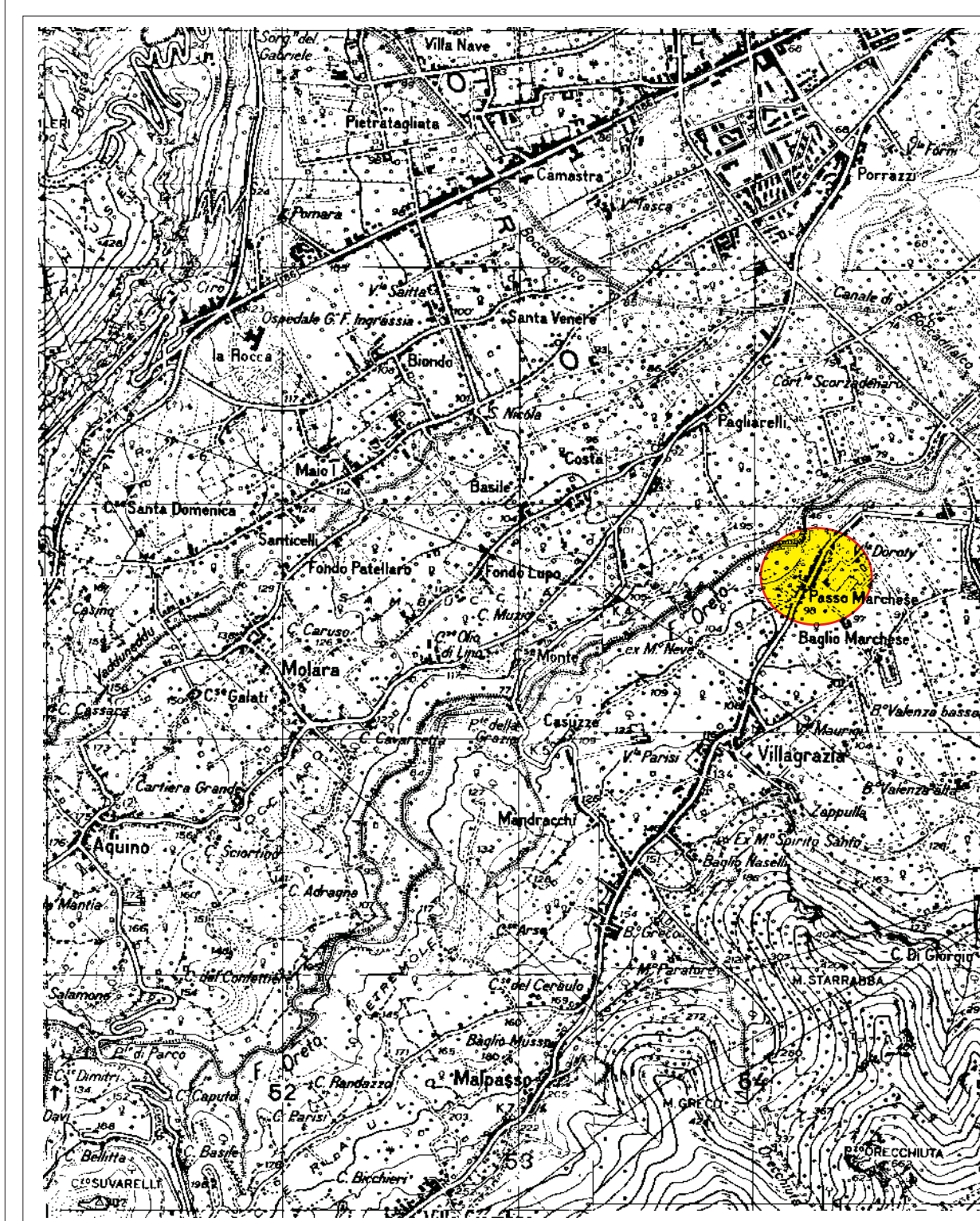
COMUNE DI PALERMO
Stralcio aerofotogrammetrico - Scala 1:2.000
Foglio n. 54



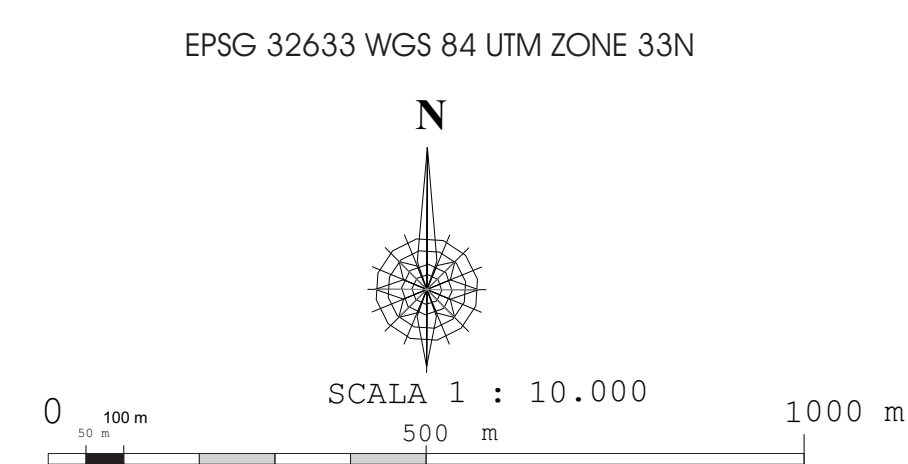
INQUADRAMENTO REGIONALE



COMUNE DI PALERMO
Stralcio Aerofotogrammetrico C.T.R. 595090 - Scala 1:10.000



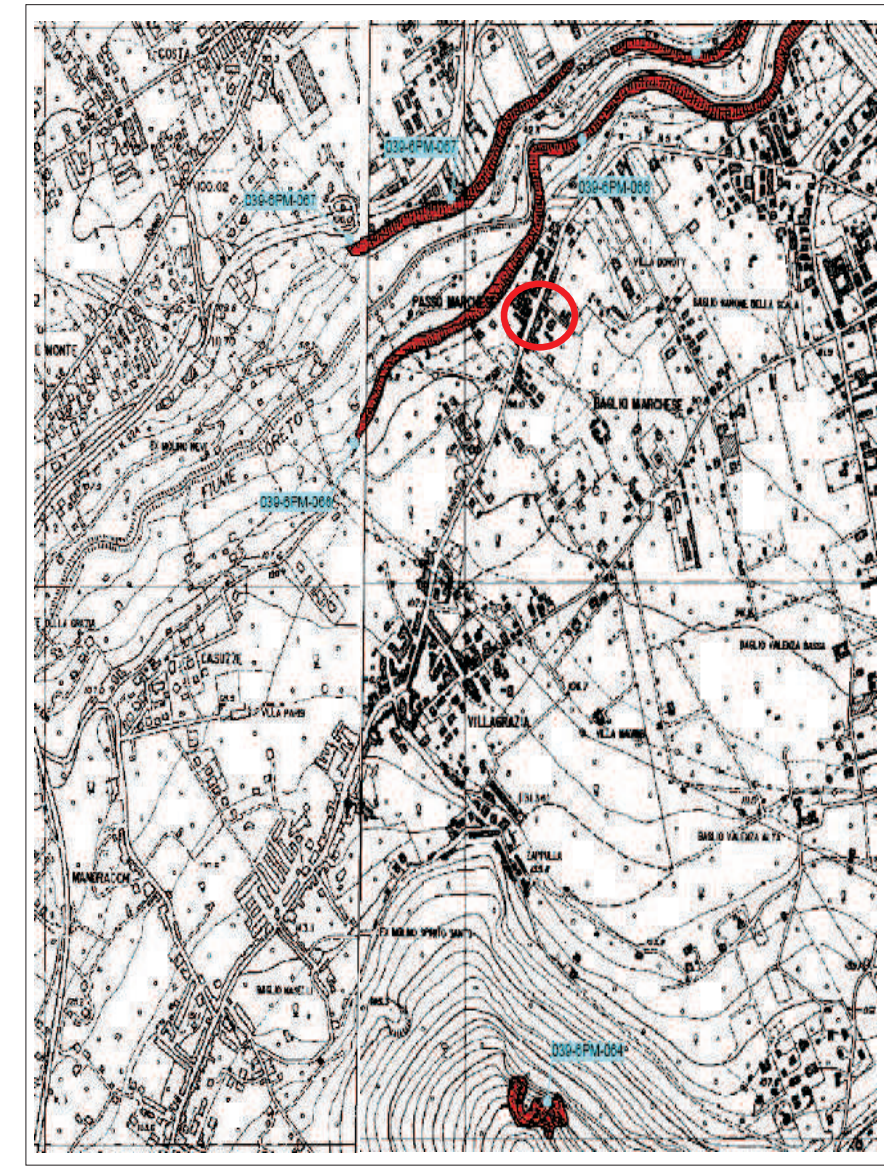
COMUNE DI CARINI
Stralcio I.G.M. foglio N. 249 II° S.E. "Misimeri" - Scala 1:25.000



Inquadramento cartografico CTR

594080	595050	595060
594120	595090	595100

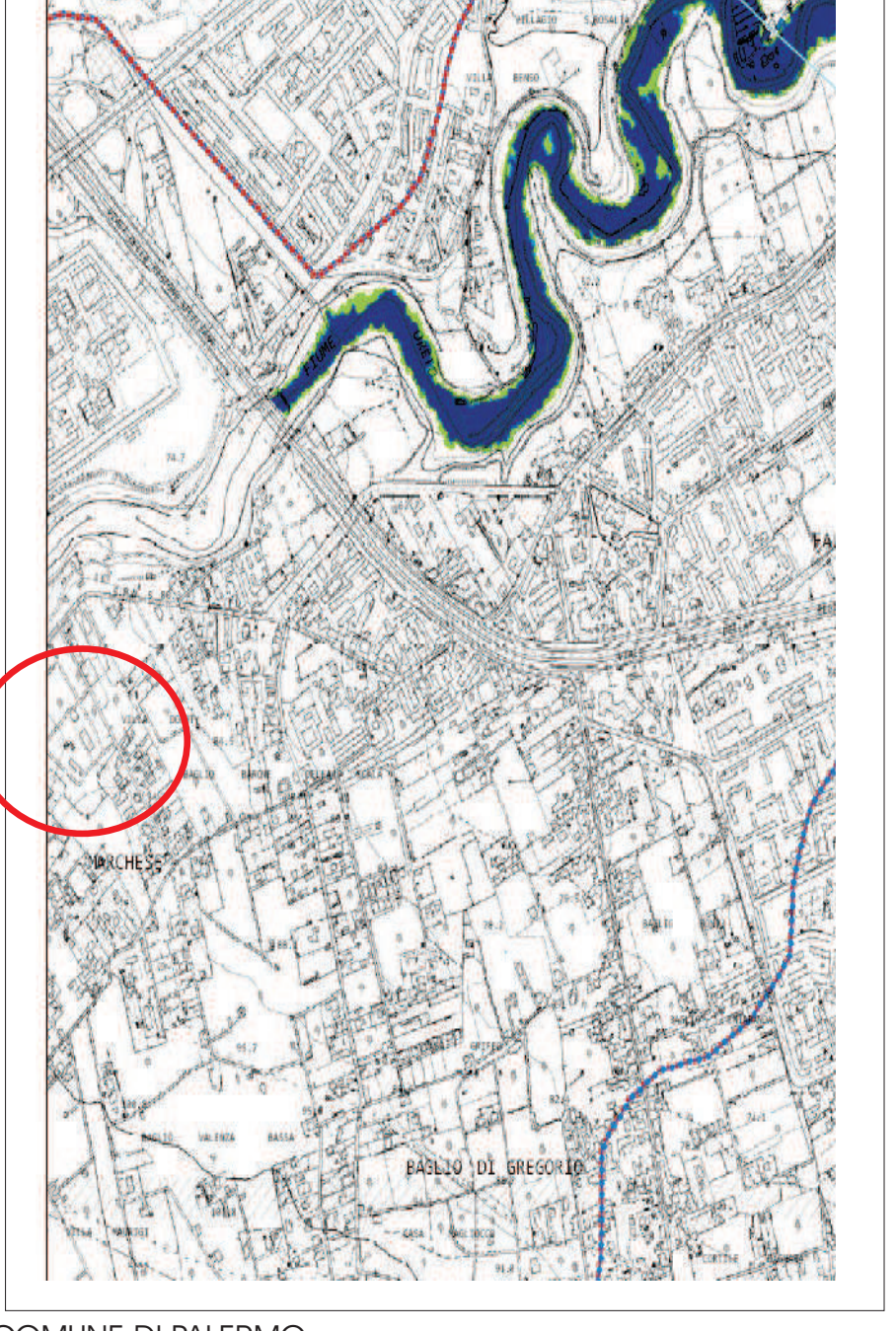
UBICAZIONE AREA IN STUDIO



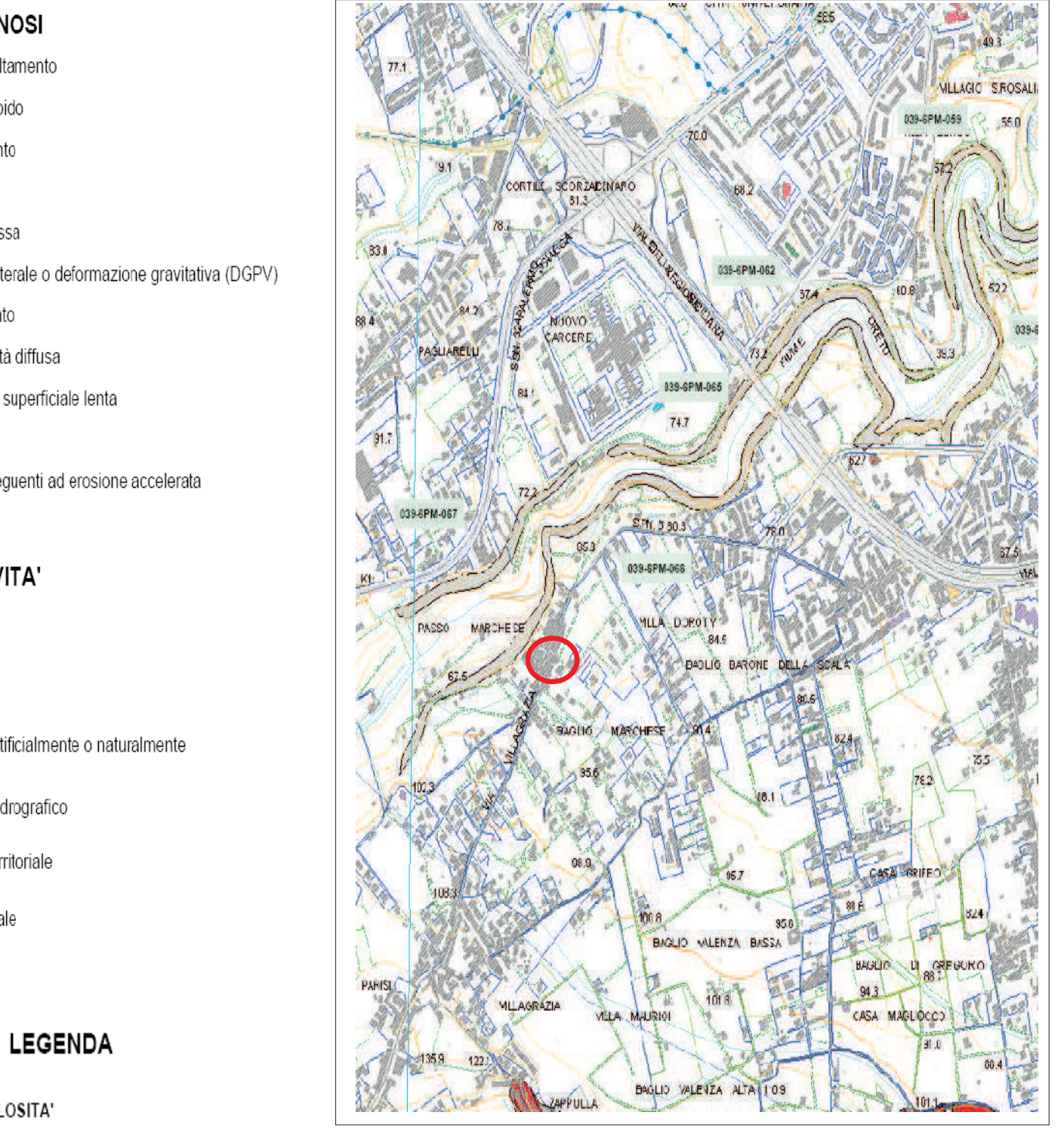
COMUNE DI PALERMO
Carta dei dissesti N.12 - Scala 1:10.000 - Anno 2005
CTR - 595090



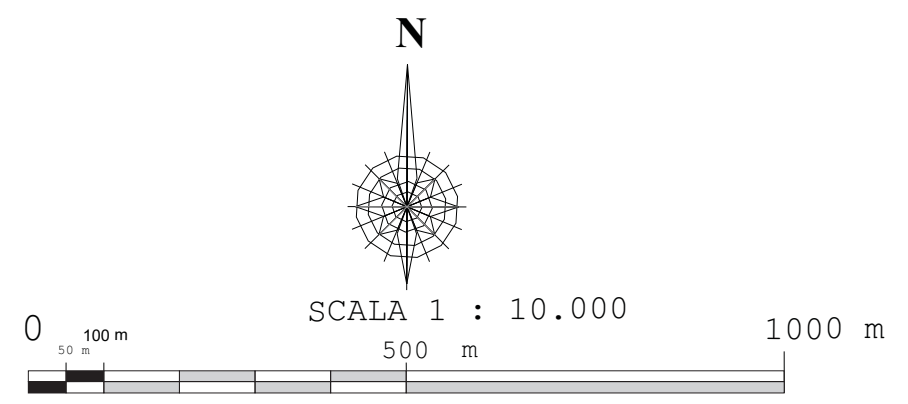
COMUNE DI PALERMO
Carta della Pericolosità e del rischio Geomorfologico n.12 - Scala 1:10.000
Anno 2005



COMUNE DI PALERMO
Carta della Pericolosità Idraulica per fenomeni di esondazione - Scala 1:10.000
Anno 2021



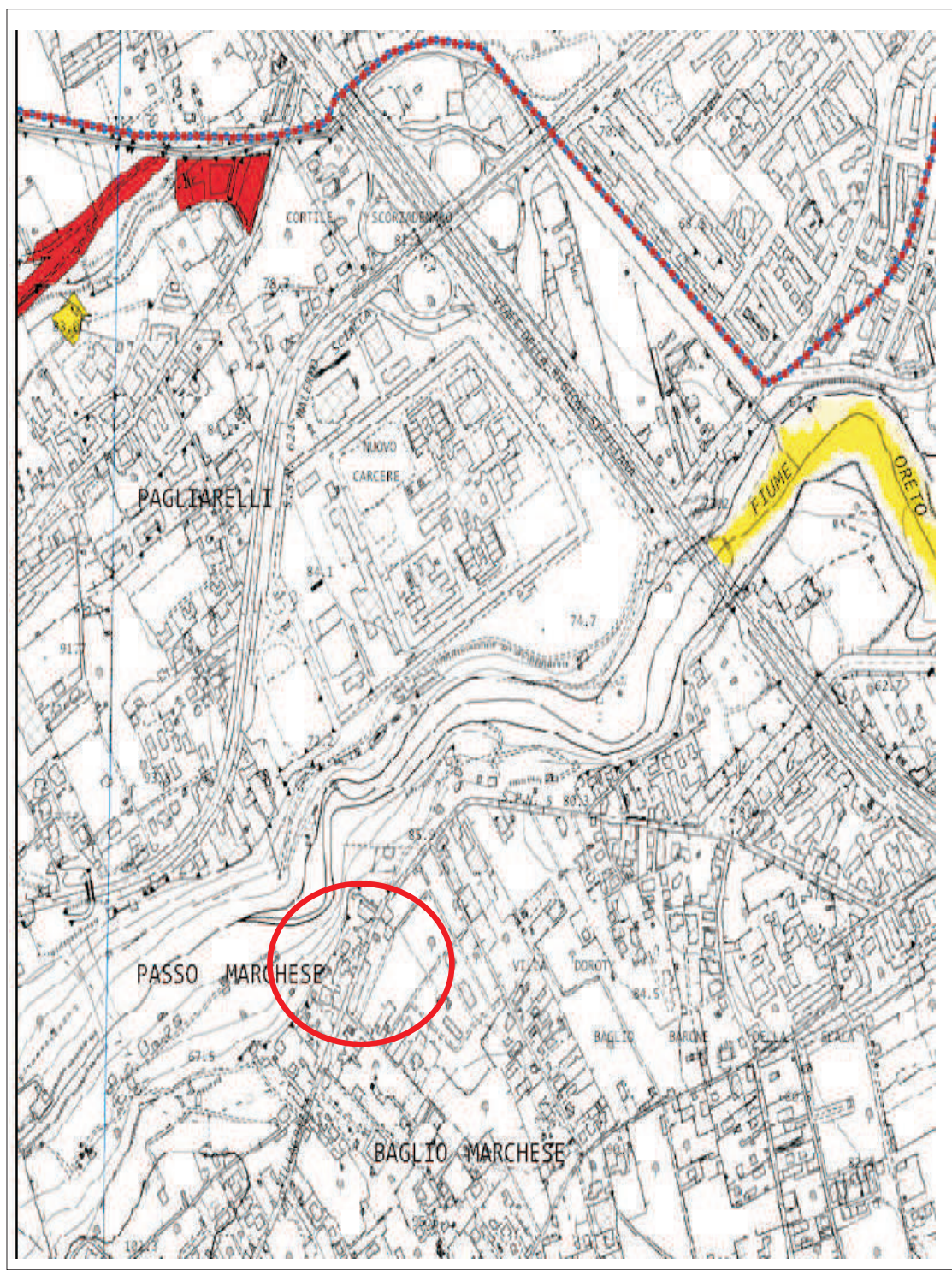
COMUNE DI PALERMO
Carta della Pericolosità e del rischio Geomorfologico - Scala 1:10.000
Anno 2011



Inquadramento cartografico CTR

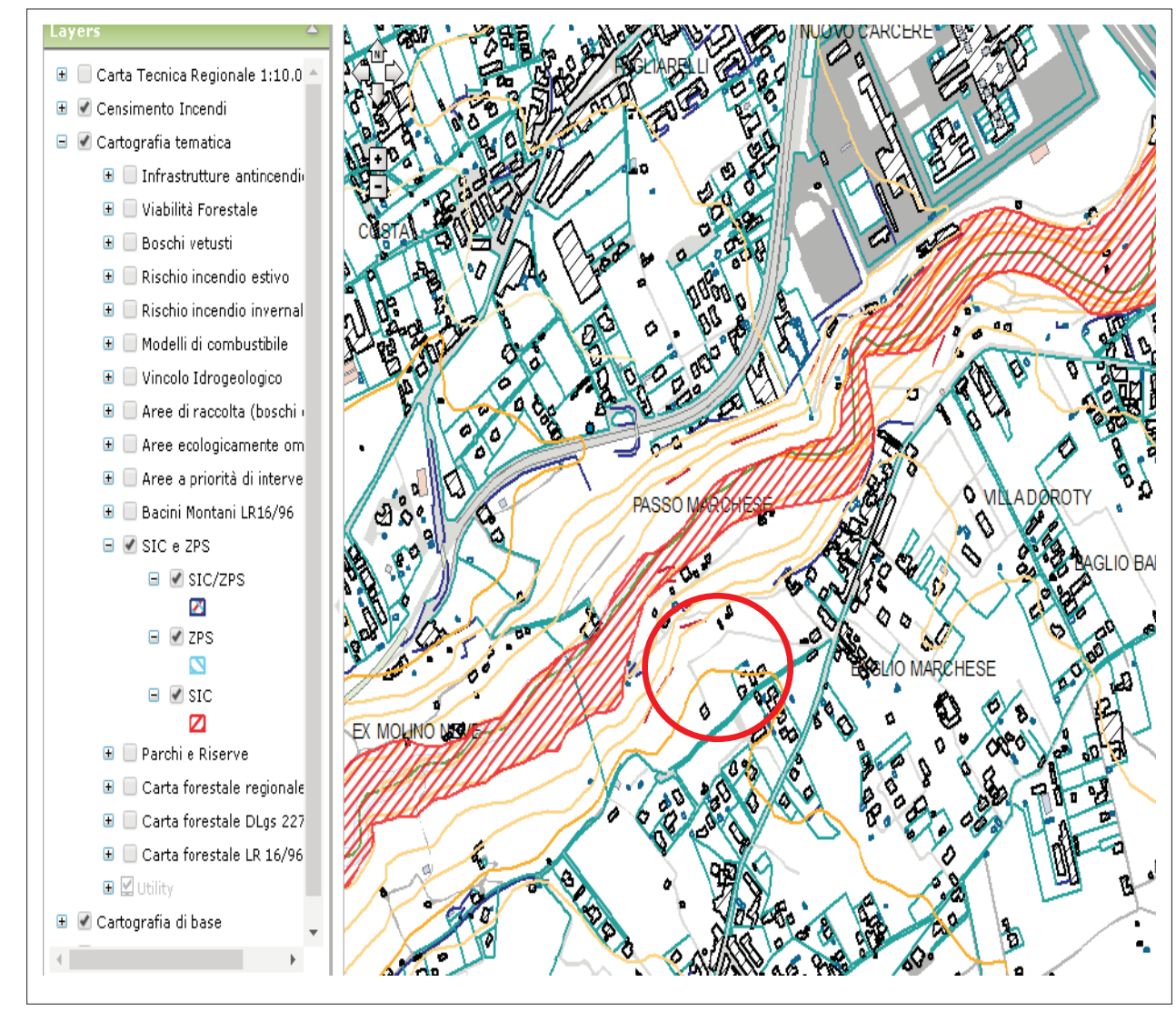
594080	595050	595060
594120	595090	595100

UBICAZIONE AREA IN STUDIO
COMUNE DI PALERMO
Stralcio Catastale: Fg. 69 - p.lla 1665 sub.4 - Scala 1:2.000



COMUNE DI PALERMO
Carta del Rischio Idraulico per fenomeni di esondazione - Scala 1:10.000
Anno 2021

STRALCIO CARTOGRAFIA P.A.I.
SCALA 1:10.000



COMUNE DI PALERMO
Carta del Vincolo Idrogeologico - SIC e ZPS
Protale S.I.F.



COMUNE DI PALERMO
Carta della Pericolosità Idraulica per fenomeni di esondazione - Scala 1:10.000
Anno 2011

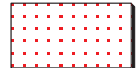
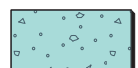
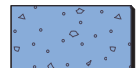
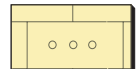

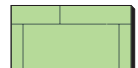





LEGENDA

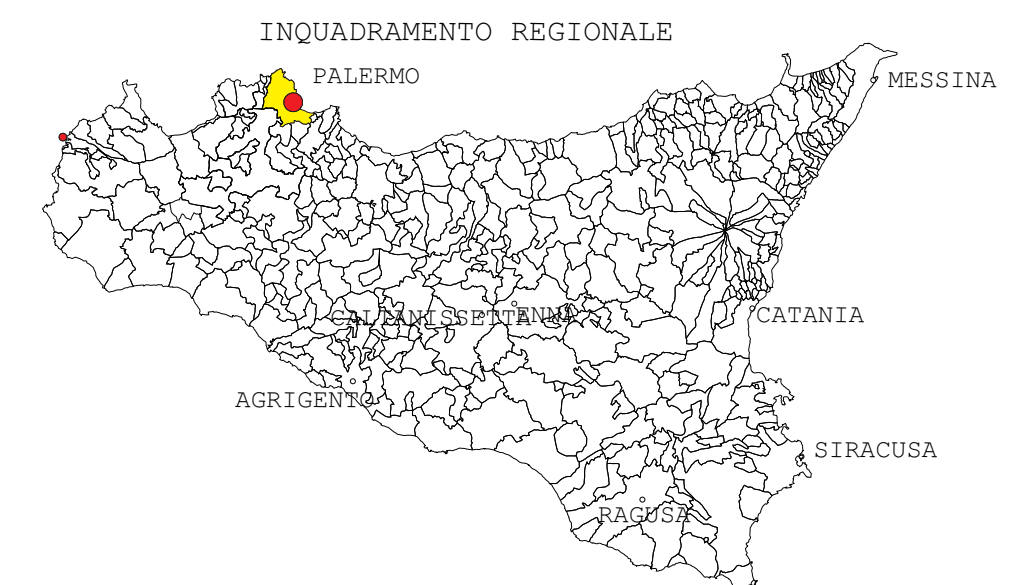
- VALORI DEL RISCHIO IDRAULICO**
- R1 Rischio moderato
 - R2 Rischio medio
 - R3 Rischio elevato
 - R4 Rischio molto elevato

CARTA GEOLOGICA

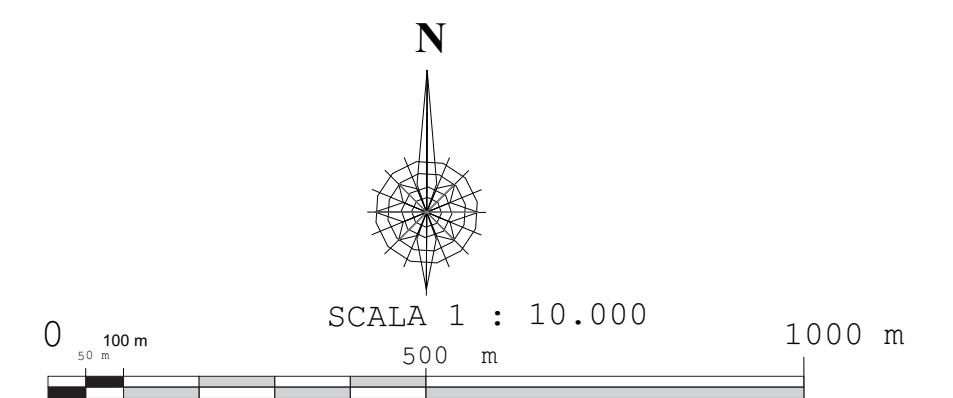
SCALA 1:10.000

LEGENDA

-  Detrito di falda. *Attuale*
 -  Alluvioni con livelli ripetuti di ciottoli, sabbie, argille, silt talora limi torbosi, particolarmente presenti nell'attuale corso del F. Oreto e negli antichi corsi d'acqua del Papireto e F. Maltempo; presentano una bassa permeabilità complessiva e con spessore massimo a 70 m (località Fonte delle Grazie). (Olocene).
 -  Depositi alluvionali terrazzati; Ciottoli, sabbie, sabbie argillose, e limi con torbe nerastre. *Recente*
 -  Biocalcarenti bianco-giallastre, talora fossilifere si presentano a grana fine ed uniforme, variamente cementate con rare intercalazioni sabbiose e sabbie argillose. La permeabilità è buona per porosità in relazione al diverso grado di cementazione; mentre lo spessore varia da 40 m in prossimità del Policlinico a pochi metri oltre la Via Regione Siciliana. *Pleistocene inf.*
 -  Argille e argille siltose, talora con livelli di mame e mame siltose con intercalazioni di arenarie quarzose più o meno cementate, a luoghi inglobati Olistoliti di varia natura, di colore tabacco al bruno; Assolutamente impermeabili; Spessore oltre 500 m; (*Langhiano inf. - Oligocene*).
- U.S.S. Sagana - Belmonte Mezzagno
-  Dolocareniti e dolocriditi gradate e laminare (*Fm. Fanusi*); Breccie dolomitiche riscimentate con livelli a mega breccie ad elementi di piattaforma carbonatica triassica (depositi di scarpata). *Lias inf. - Triass sup.*
-  Direzione e pendenza di strato
 -  Faglie
 -  Area in esame
 -  Cava storica a cielo aperto di calcareniti (anteriore al 1940), parzialmente ritombata
 -  Cava dismessa di calcari dolomitici e dolomie



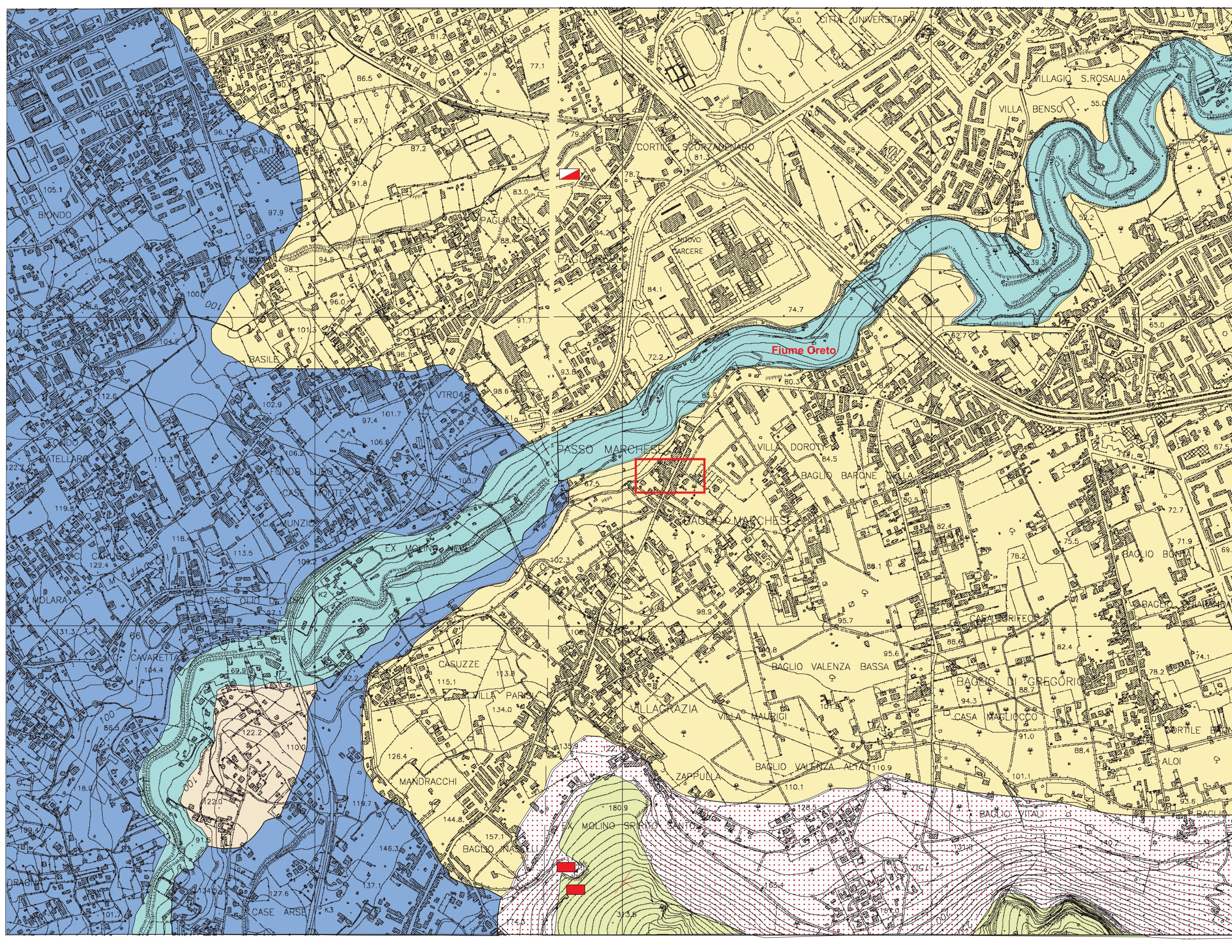
EPSG 32633 WGS 84 UTM ZONE 33N



Inquadrimento cartografico CTR

594080	595050	595060
594120	595090	595100

 UBICAZIONE AREA IN STUDIO



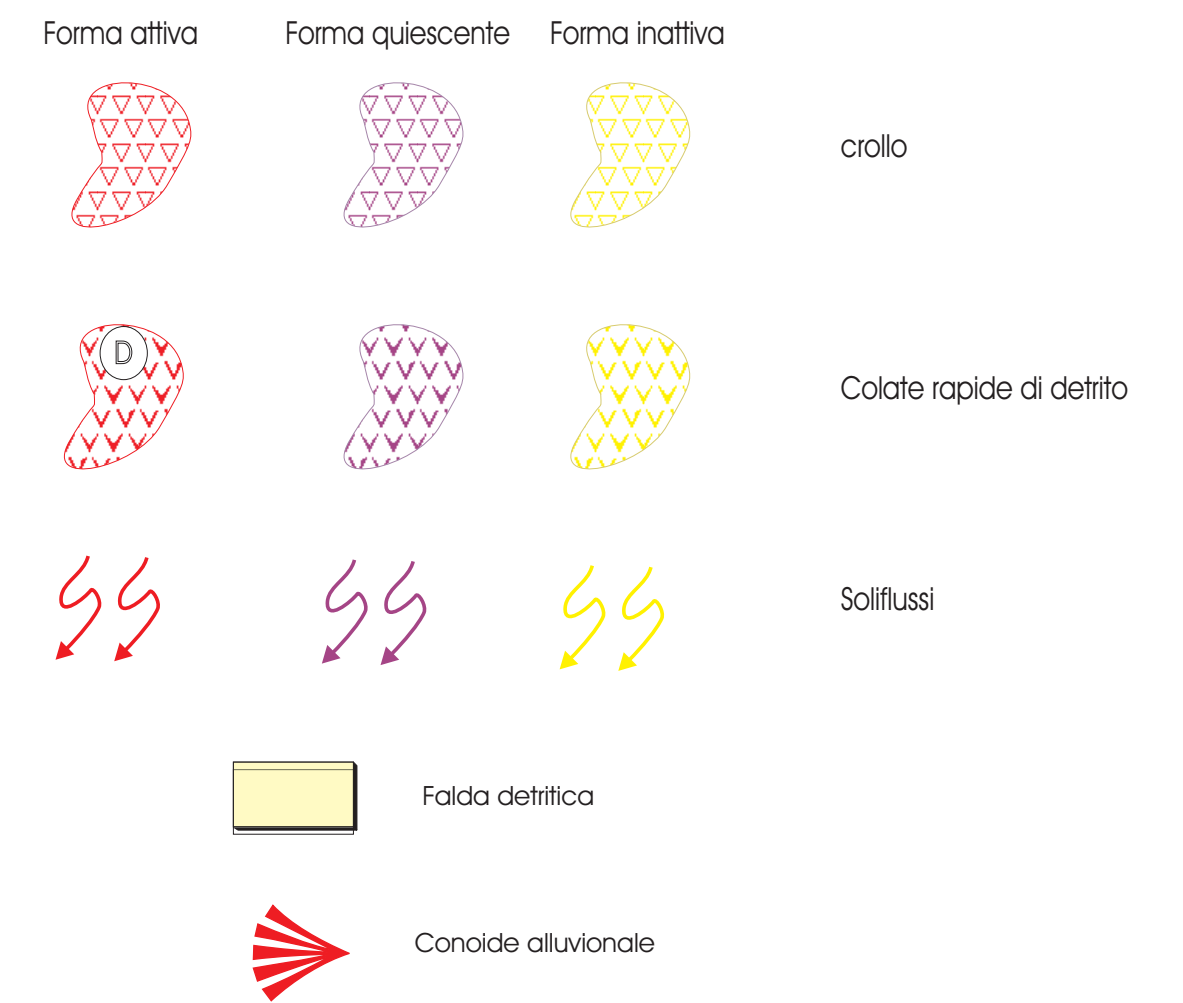
Università di Palermo - Dipartimento di Geologia e Geodesia
Carta delle Pericolosità Ambientali del Territorio Comunale di Palermo
Giacchino Cusimano e Antonio Di Cara

CARTA GEOMORFOLOGICA

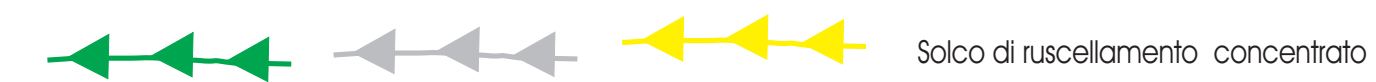
SCALA 1:10.000

LEGENDA

DISSESTI DI VERSANTE DISSESTI DOVUTI ALLA GRAVITA'



DISSESTI DOVUTO AL DIILAVAMENTO



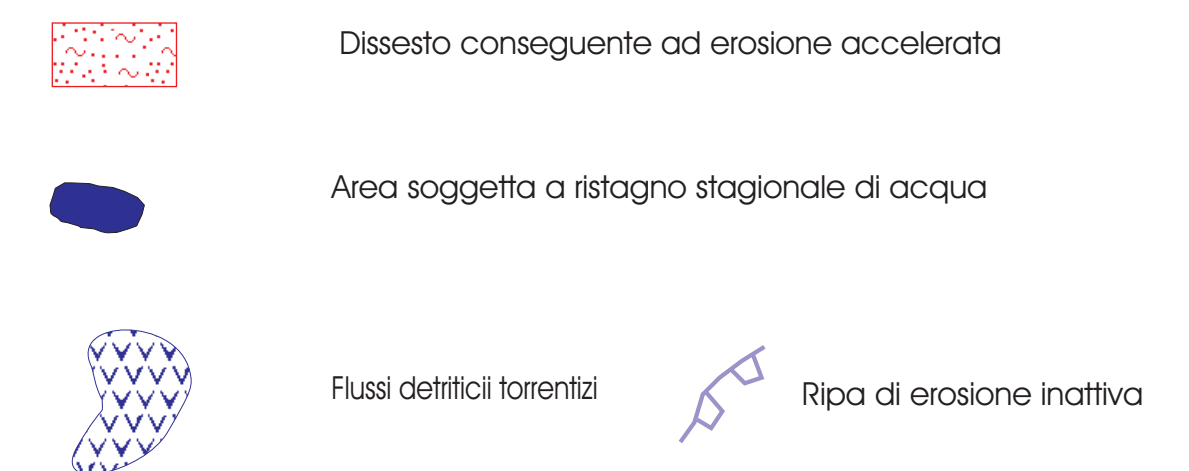
DEGRADAZIONI INDOTTE DA ATTIVITA' ANTROPICA



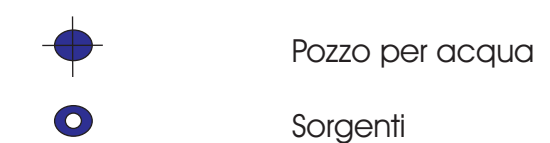
FORME CARSICHE



FORME E PROCESSI DOVUTI ALL'AZIONE DELLE ACQUE CORRENTI SUPERFICIALI

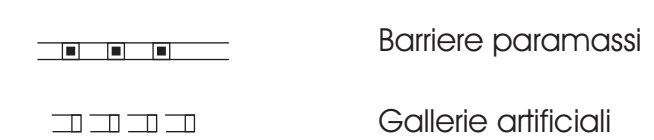


IDROLOGIA

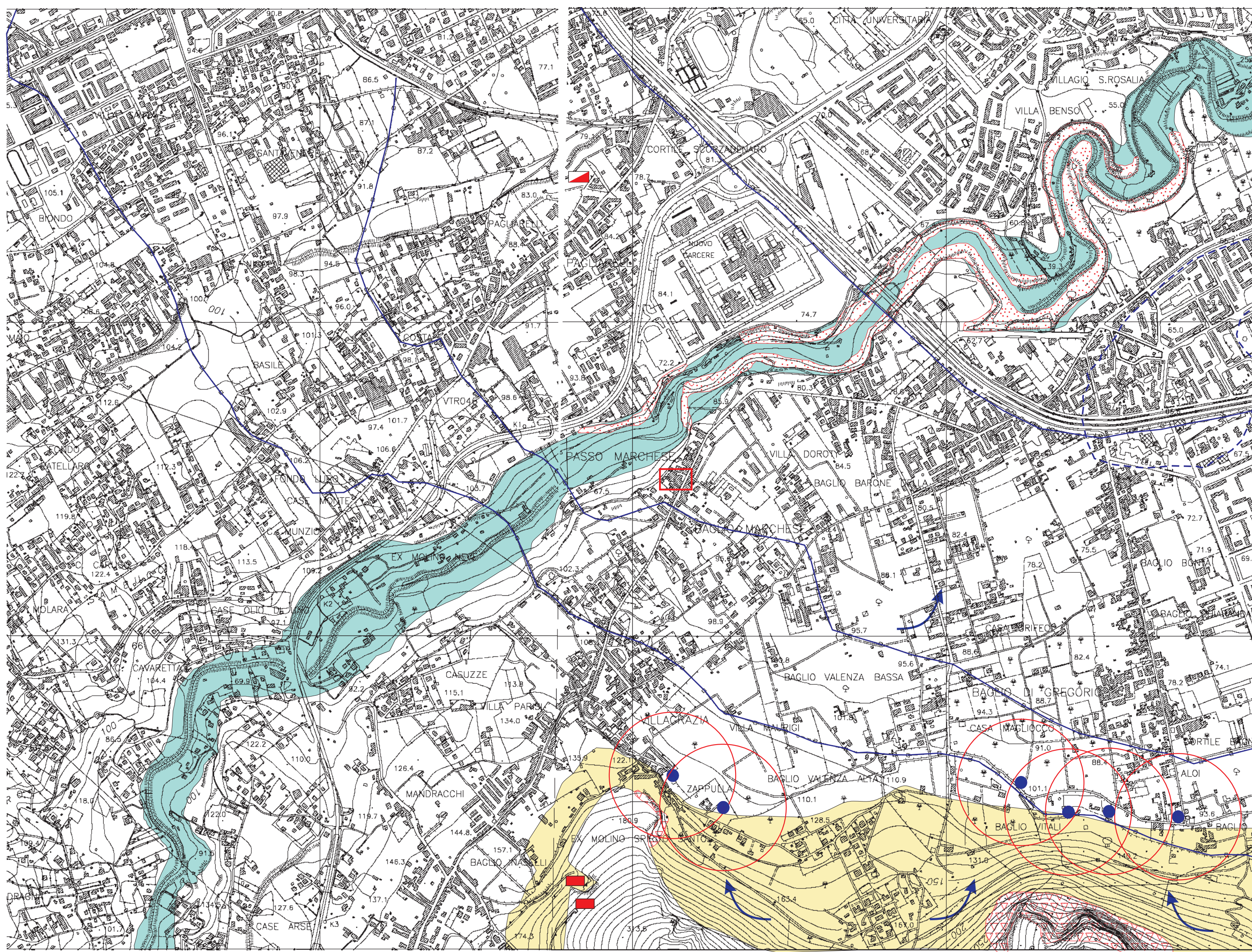


OPERE E INTERVENTI STRUTTURALI INTENSIVI DI SISTEMAZIONE DEI VERSANTI

OPERE DI PROTEZIONE



DIFESA DALLE COLATE RAPIDE DI DETRITO DI FANGO



Alveo del Fiume Oreto

Alluvioni con livelli ripetuti di ciottoli, sabbie, argille, silt talora limi torbosi, particolarmente presenti nell'attuale corso del F. Oreto e negli antichi corsi d'acqua del Papireto e F. Maltempo; presentano una bassa permeabilit  complessiva e con spessore massimo a 70 m (localit  Fonte delle Grazie). (Olocene).

Direzione preferenziale di deflusso sotterraneo nell'acquifero calcarenitico di pianura

Condotte idropotabili

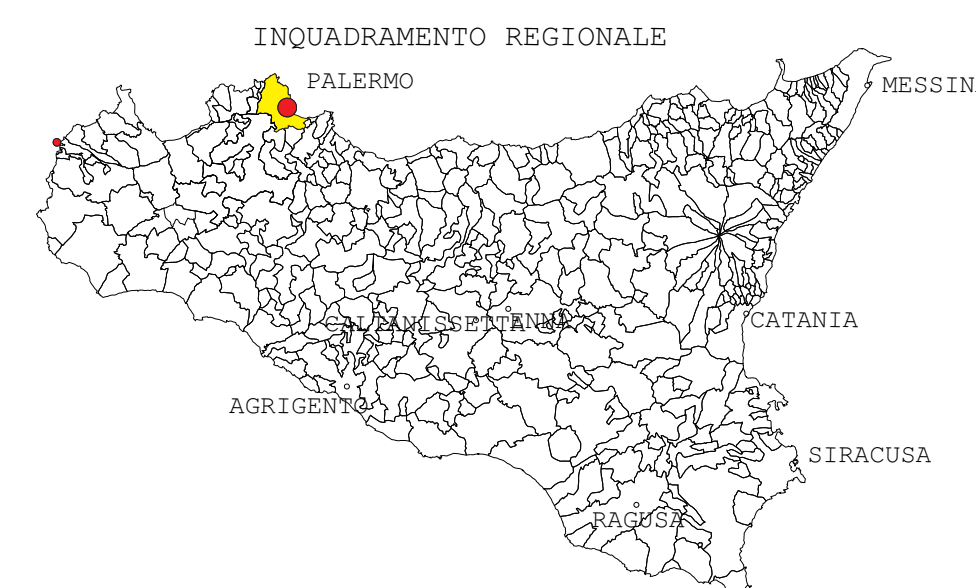
Pozzo idrico con relativa fascia di ripetto di 200 m (D.P.R.236/88 e D.LGS. N.152/99) per le fonti destinate a consumo umano.

Area interessata da inondazione ed alluvionamento. (Variante Generale PRG n  470/2001 ed approvata definitivamente dall'Assessorato Regionale al Territorio con D. Dir. 124 e 558/DRU/02.

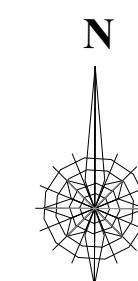
Cava storica a cielo aperto di calcareniti (anteriore al 1940), parzialmente ritombata

Cava dismessa di calcari dolomitici e dolomie

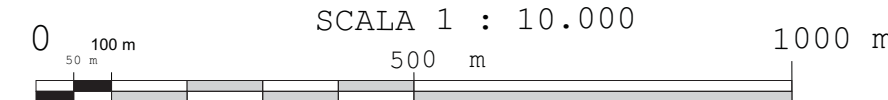
Area in esame



EPSG 32633 WGS 84 UTM ZONE 33N



SCALA 1 : 10.000



Inquadramento cartografico CTR

594080	595050	595060
594120	595090	595100

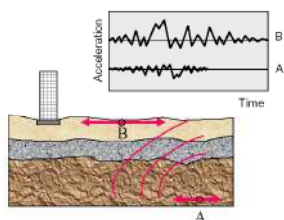
**STUDO DI COMPATIBILITA' GEOMORFOLOGICA RELATIVO
ALL'IMMOBILE SITO IN PALERMO IN VIA VILLAGRAZIA N.341, PIANO T.
IDENTIFICATO AL CATASTO AL FG. 69 – P.LLA 1665, SUB. 4.**

(Tribunale di Palermo – Sez. VI civile 21/2022 RGE)

Studio di Geologia

Studi di Geologia Ambientale e Tecnica
Indagini penetrometriche e sismiche
Via Roma n° 60 – 90040 Montelepre (PA)

Dott. Geol. Francesco Sapienza
Tel.e Fax +39/091.898.43.25 - Cell. 360.29.27.69
e-mail: sapienzafr@libero.it
pec: geosapienza@pec.epap.it



REPORT INDAGINI GEOFISICHE

DATA: Novembre 2023

- Prove di Sismica Attiva (MASW)
- Prove di Sismica Passiva (HV/SR)

- All. 1

COMMITTENTE: Tribunale di Palermo – Sez. VI civile 21/2022 RGE

	(COMMITTENTE)		IL GEOLOGO DOTT. Francesco Sapienza

1. NOTE INTRODUTTIVE

Il sottoscritto, Dott. Francesco Sapienza (c.f. SPNFNC63H20F544N), regolarmente iscritto all'Ordine Regionale dei Geologi di Sicilia al n°1014, geologo libero professionista, con Studio Tecnico in Montelepre (PA) in via Roma n°60, su incarico ricevuto dal Tribunale di Palermo – Sezione VI civile – Esecuzioni Immobiliari - Procedura 21/22 RGE a mezzo di Posta Elettronica Certificata PEC n. identificativo messaggio: 62923A6F.00267FF5.8120D456.246A14EC, in ottemperanza al provvedimento di prosecuzione delle operazioni di "indagini sismiche e geologiche per la stesura di uno studio di Compatibilità Geomorfológica, ha eseguito uno studio di Compatibilità Geomorfológica ai sensi dell'art. 15 L.R. 16/16 ex art. 13 L. 64/74, relativo all'immobile sito in Via Villagrazia n.341, piano Terra, nel Comune di Palermo, Fg. 69, p.la 1665 sub.4.

Nell'ambito del presente studio, oltre a valutare le condizioni generali di stabilità del lotto interessato, si vuole verificare l'appartenenza dello stesso, ai sensi della nuova normativa tecnica sulle costruzioni "Norme Tecniche per le Costruzioni", entrato in vigore il 1° luglio 2009, in applicazione della circolare n.617/2009, nonché in riferimento all'Ordinanza P.C.M. n° 3274/2003, D.M. 14.01.2008 ed ultimo aggiornamento delle "Norme Tecniche per le costruzioni" D.M. 17 gennaio 2018 (Suppl. Ord. n.8 G.U. n.42 del 20.02.2018); Ai sensi della suddetta normativa il terreno sismicamente significativo è stato diviso in 5 categorie di profilo stratigrafico del sottosuolo compreso tra il piano d'imposta delle fondazioni e la formazione di base rigida), basate sulla stima della velocità media delle onde sismiche di taglio (V_s equivalente) e ricavata dalle indagini geofisiche eseguite all'interno del lotto, consistenti nella esecuzione di n. 1 prospezione sismica con metodo MASW con 12 geofoni e n°2 prospezioni geofisiche con metodo HV/SR, al fine di fornire informazioni aggiuntive per la caratterizzazione del sito sulla base dell'analisi delle onde superficiali di *Rayleigh* e quindi sulla stima del valore di V_s equivalente.

In particolare, il rilievo dei microtremori è stato elaborato attraverso la tecnica HV/SR o di *Nakamura*, e consente di determinare la "frequenza di risonanza" di uno strato caratteristico del sito per il quale assume il valore massimo il rapporto $RHV = HS/VS$ (Horizontal to Vertical Ratio) tra gli spettri delle componenti orizzontale e verticale del moto del suolo, assumendo che la componente verticale (V) del *noise*, nel passare dal Bedrock alla superficie non subisca amplificazione. Con l'impiego dei programmi votati Geopsy, Easy HVSR e Easy MASW della Geostru (Codice cliente 8112) e ProgramGeo aggiornato ai sensi della nuova normativa, con Licenza n°1051-4CF4-8968-AB40-0F1C-4FC6-DC0C-B06B) si è determinato il valore della frequenza di picco del sito e quindi la relativa profondità del contrasto di impedenza.

Le indagini sono state condotte a quota 0.00, lungo il piano di calpestio attiguo all'immobile in esame, come da rilievo fotografico allegato, attraverso l'impiego di un *Simografo DOREMI* 16 bit a 24 canali (SARA

Instruments), 12 geofoni in onde P (Geospace GS11D da 4.5 Hz) (MASW e REMI) e **GEOBOX SR04** 24 bit 3CH, Microtremor Digitizer con GPS dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente, senza cavi esterni per l'acquisizione del rumore sismico e notebook *TOSHIBA* per l'acquisizione dei dati di campagna. In applicazione alla metodologia di base studiata da Nakamura tutte le misure a stazione singola in campo aperto sono state orientate secondo il Nord.

1.1 Inquadramento del sito

L'area ricade in area periferica sud-ovest della città di Palermo, in area pressochè pianeggiante; Le indagini sono state eseguite il 19 Ottobre 2023:



Fig. 1.1.1.: Ubicazione - Lat. 38.084577° / Long. 13.337063°; m 92 s.l.m.; Pendenza topografica P= 2.2° direzione NE-SW; P = 6.0° direzione NW-SE - CTR:595090.
By Google Earth

2.0 Sismica passiva

Le considerazioni riportate di seguito sono il risultato di un'indagine di sismica passiva attraverso analisi realizzata con tromografo elettronico digitale "GEOBOX SR04 24" bit ai soli fini della determinazione delle caratteristiche elastiche del terreno ottenute dall'analisi spettrale delle componenti vibrazionali del terreno, ossia attraverso l'analisi dei rumori del terreno. Il rilievo dei microtremori con stazione singola (HVSR) consiste nella misurazione del "noise" o rumore ambientale, attraverso un apparato di registrazione dotato di n.3 velocimetri (o accelerometri) disposti nelle tre direzioni dello spazio, ed intesi a determinare la forma dello

spettro risultante dalla struttura del sottosuolo. L'analisi del segnale viene effettuata rapportando lo spettro verticale a quello medio orizzontale risultante dalla registrazione, variabili in relazione alla anisotropia del mezzo attraversato e dei gradienti di impedenza presenti nel sottosuolo.

Rapporto di impedenza sismica:

$$RI = \left(\frac{\rho_s U_s}{\rho_b U_b} \right)$$

Il valore massimo del rapporto HVSR risulta relazionato allo spessore H dei sedimenti sottesi dalle superfici qualificate da rapporti di impedenza superiori a 25%; le condizioni occorrono in corrispondenza di frequenze di risonanza caratteristiche del sito. L'assenza di gradienti di impedenza sismica non permettono risoluzioni adeguate delle geometrie del sottosuolo. La relazione tra frequenze di risonanza e spessore e velocità delle onde SRayleigh dei terreni alla superficie di riferimento è definita da:

$$v_n = (2n-1) \frac{V_s}{4H} = \frac{1}{4T_n}$$

dove T_n è il periodo di risonanza e per $n=1$ si verifica il valore massimo di amplificazione a seguito dello smorzamento dell'oscillazione conseguente il comportamento dissipativo del suolo rispetto alla propagazione della sollecitazione dinamica.

Il rilievo dei microtremori si basa sull'assunzione che il valore massimo del rapporto tra gli spettri delle componenti orizzontale e verticale del moto del suolo, risulti condizionato dallo spessore sotteso da una soluzione di continuità ad elevato gradiente di impedenza sismica nel sottosuolo e dalla velocità equivalente dei terreni sottesi al tetto ("sedimento"), assumendo che la componente verticale (V) del *noise*, nel passare dal *substrato* alla superficie, non subisca amplificazione. Disponendo della lettura del valore di frequenza per la quale risulta massimo il rapporto H/V delle componenti spettrali del moto, valore che corrisponde alla *frequenza di sito* (f_0), la determinazione delle incognite relative alla geometria del sottosuolo (V_s e H) necessita di informazioni ulteriori che devono essere acquisite attraverso differenti prospezioni o dati stratigrafici altrimenti noti nell'area (stratigrafie di pozzi/sondaggi e conoscenza geologica approfondita). Dalla relazione tra frequenza caratteristica di sito e velocità e spessore dei terreni sottesi al maggiore gradiente di impedenza sismica (in genere corrispondente al "substrato" del "sedimento"):

$$v_n = (2n-1) \frac{V_s}{4H} = \frac{1}{4T_n}$$

è possibile determinare il valore dello spessore del sedimento, conoscendo il valore delle V_s medie del sedimento ovvero conoscendo lo spessore locale al substrato:

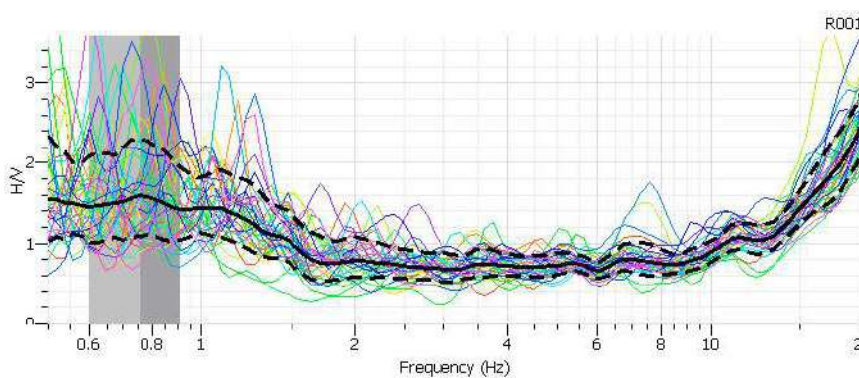
$$H = \frac{V_s T_1}{4} \qquad V_s = \frac{4H}{T_1}$$

dove n e' la frequenza di risonanza, con $n=1$ risulta la frequenza caratteristica di sito, $T1$ e' il periodo di sito, V_s la velocita' delle onde di Rayleigh del sedimento e H lo spessore corrispondente.

2.1 Procedura di analisi:

La sismica passiva si basa sulla misura dei microtremori che sono sempre presenti sulla superficie terrestre e sono generati da fenomeni naturali (vento, onde marine) e artificiali (attività antropiche). I dati raccolti sono stati elaborati, per ogni punto di misura e per ognuna delle tre componenti del moto, eseguendo l'analisi spettrale del segnale per evidenziare la distribuzione in frequenza del *noise*.

I dati spettrali risultanti dalle elaborazioni numeriche effettuate sono tarate sino a circa 20 Hz, in quanto entro tale limite rientrano le frequenze maggiormente significative dal punto di vista geologico-tecnico. Di seguito vengono riportate le relative curve H/V, ove l'area grigia rappresenta la frequenza di picco media e la sua deviazione standard. Il valore di frequenza è al limite tra il grigio scuro e grigio chiaro le aree:



Prova HV/SR n.1

38.084554°

13.337072°

$f_0 = 0,75$

$A_0 = 1,56$

Grafico tarato fino a 20 Hz

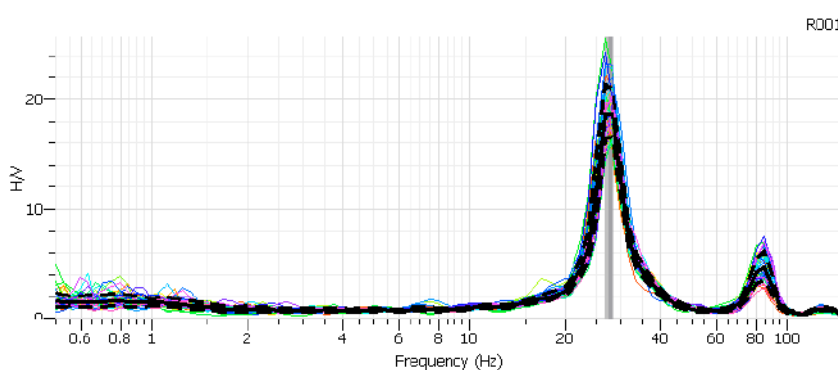


Grafico tarato fino a 150 Hz

Tab. 2.1.1: Parametri di acquisizione stazione T1

ID	Name	Component	Time reference	Start time	End time	Sampling frequency	dt	N samples	Duration	Rec x	Rec y	Rec z	Type	
1	1	R001	Vertical	05/11/2023 00:00...	10h31m	10h51m	300	0,003333333...	360000	20m	0	0	0	Waveform
2	2	R001	North	05/11/2023 00:00...	10h31m	10h51m	300	0,003333333...	360000	20m	0	0	0	Waveform
3	3	R001	East	05/11/2023 00:00...	10h31m	10h51m	300	0,003333333...	360000	20m	0	0	0	Waveform

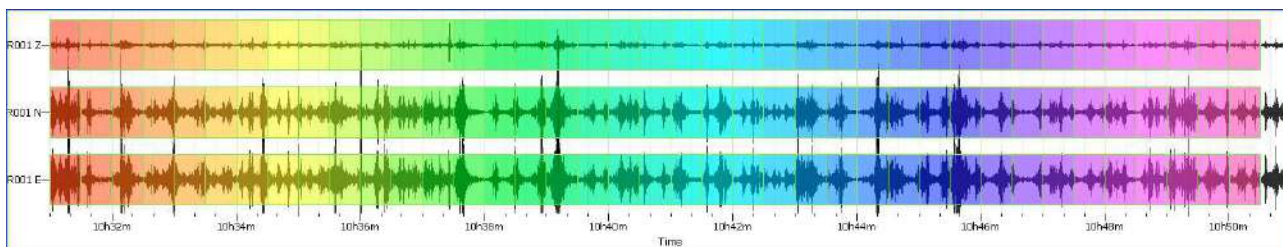


Fig. 2.1.2: Finestre di rumore ambientale di 30 secondi utilizzate per il calcolo del rapporto HVSR opportunamente filtrate e ripulite dai transienti

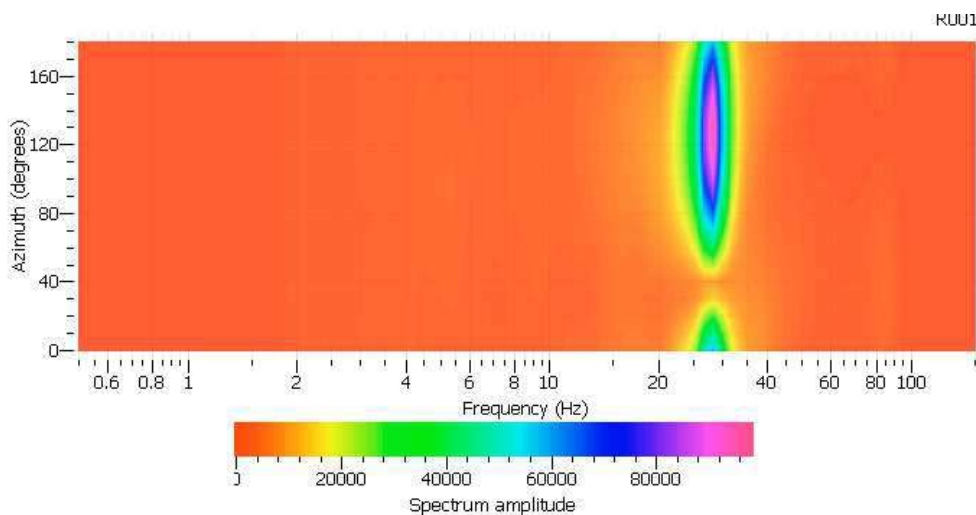
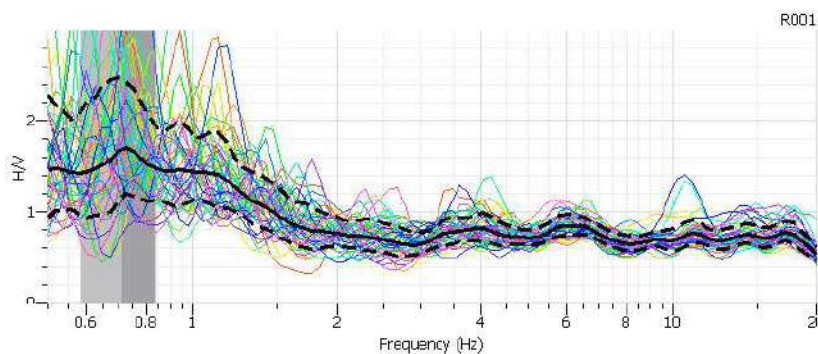


Fig. 2.1.3: Mappa della direzionalità degli spettri



Fig. 2.1.4.
Prova HV/SR n.1



Prova HV/SR n.2

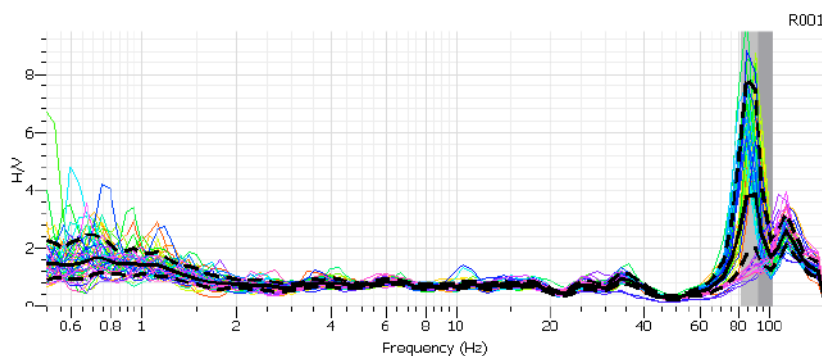
38.084654°

13.336635°

$f_0 = 0,71$

$A_0 = 1,56$

**Grafico tarato fino a
20 Hz**



**Grafico tarato
fino a 150 Hz**

ID	Name	Component	Time reference	Start time	End time	Sampling frequency	dt	N samples	Duration	Rec x	Rec y	Rec z	Type
1	4	R001 Vertical	06/11/2023 00:00...	11h16m	11h45m59.9466...	300	0,0033333333...	539984	29m59.9466...	0	0	0	Waveform
2	5	R001 North	06/11/2023 00:00...	11h16m	11h45m59.9466...	300	0,0033333333...	539984	29m59.9466...	0	0	0	Waveform
3	6	R001 East	06/11/2023 00:00...	11h16m	11h45m59.9466...	300	0,0033333333...	539984	29m59.9466...	0	0	0	Waveform

Tab. 2.1.5: Parametri di acquisizione stazione T1

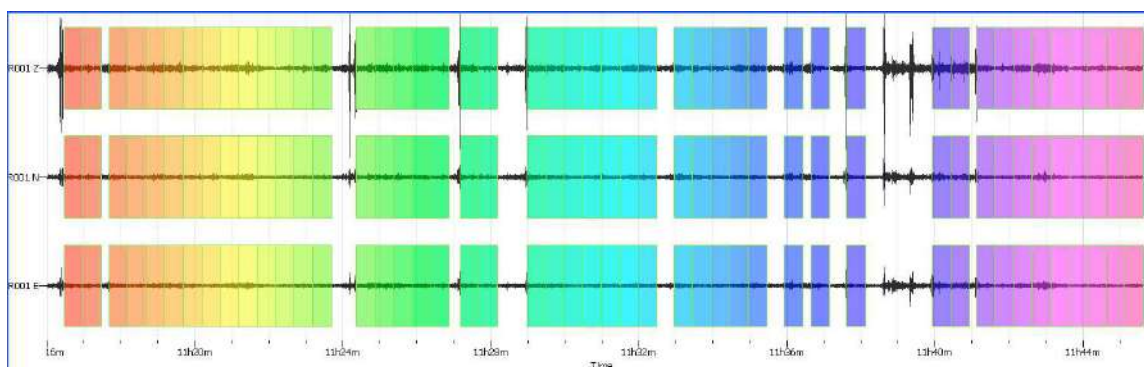


Fig. 2.1.6: Finestre di rumore ambientale di 30 secondi utilizzate per il calcolo del rapporto HVSR opportunamente filtrate e ripulite dai transienti

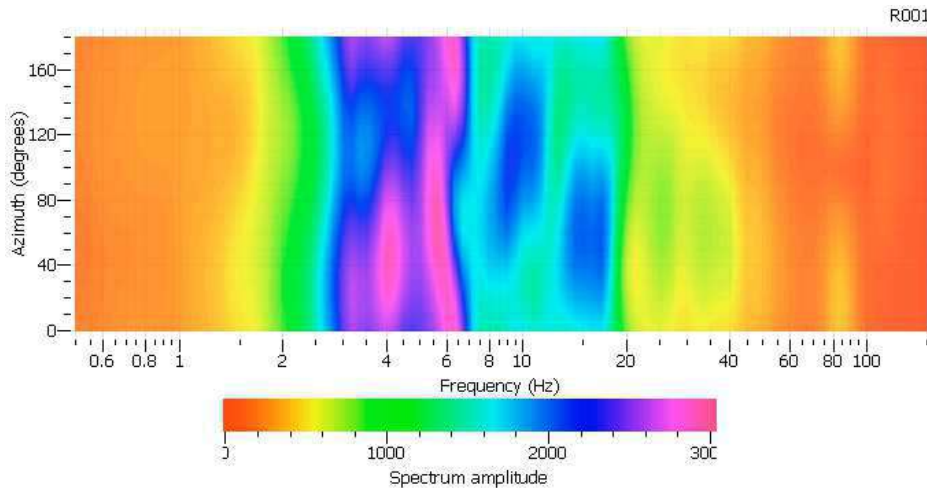


Fig. 2.1.7: Mappa della direzionalità degli spettri

La lunghezza di registrazione dei sondaggi in oggetto HV corrisponde ad un tempo di 30 minuti, con analisi dell'intera traccia pari all'90% circa, in quanto il segnale è stato filtrato da rumore antropico. Sulla base dell'elaborazione e analisi dei grafici ottenuti, si osservano i vari picchi H/V, con le rispettive frequenze di risonanza f_0 . Il dato importante che abbiamo ottenuto è la frequenza caratteristica di risonanza del sito (*Peak Frequency*) che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale in quanto si dovranno adottare adeguate precauzioni nell'edificare edifici aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno per evitare l'effetto di **doppia risonanza**, pericoloso per gli stessi fabbricati. La frequenza fondamentale di risonanza di un edificio, che può essere misurata eseguendo le misurazioni all'interno dello stesso, in seguito sarà possibile confrontarla con quella del terreno su cui sorge per comprendere al meglio il rischio sismico a cui è sottoposto l'edificio in caso di sisma. Il periodo fondamentale, di una struttura (esistente o di progetto) se non direttamente misurato, può essere preliminarmente stimato dalla relazione: $T_{ed} \approx Ch^{3/4} \approx n/10$ dove: T_{ed} è il periodo dell'edificio, h è la sua altezza ed n è il numero di piani; mentre il parametro $C = 0,050$ vale per edifici in muratura, $C = 0.075$ per edifici in muratura e calcestruzzo e $C = 0.085$ per edifici a telaio in calcestruzzo.

Negli ultimi anni un progetto europeo denominato SESAME (Site EffectS Assessment using Ambient Excitations) si è occupato di stabilire delle linee guida per la corretta esecuzione delle misure di microtremore ambientale in stazione singola e array. Esso ha anche fornito dei criteri per valutare la bontà delle curve HVSR e la significatività dei picchi HN eventualmente trovati. Ad ogni picco in frequenza corrisponde una profondità [m] dell'orizzonte che genera il contrasto d'impedenza di seguito riportata:

f_0 (Hz)	h (m)	
< 1	> 100	Centinaia di metri
1 - 2	50 - 100	Decine di metri
2 - 3	30 - 50	
3 - 5	20 - 30	
5 - 8	10 - 20	
8 - 20	5 - 10	Qualche metro
> 20	< 5	
H/V > 3 Alto contrasto		
2 < H/V < 3 Basso contrasto		

Fig. 2.1.8. : Stima della profondità del contrasto di impedenza sulla base della frequenza di risonanza.

2.2 Indagine geofisica tramite tecnica MASW

La geofisica osserva il comportamento delle onde che si propagano all'interno dei materiali. Un segnale sismico, infatti, si modifica in funzione delle caratteristiche del mezzo che attraversa. Le onde possono essere generate in modo artificiale attraverso l'uso di masse battenti, di scoppi, etc.

- Moto del segnale sismico

Il segnale sismico può essere scomposto in più fasi ognuna delle quali identifica il movimento delle particelle investite dalle onde sismiche. Le fasi possono essere:

P-Longitudinale: onda profonda di compressione;

S-Trasversale: onda profonda di taglio;

L-Love: onda di superficie, composta da onde P e S;

R-Rayleigh: onda di superficie composta da un movimento ellittico e retrogrado.

- Onde di Rayleigh – "R"

In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si sono concentrati sulla propagazione delle onde profonde (P,S) considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare. Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l'analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidità.

- Analisi del segnale con tecnica MASW

Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole

armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio f-k è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

- Modellizzazione

E' possibile simulare, a partire da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità, coefficiente di Poisson, velocità delle onde S e velocità delle Onde P, la curva di dispersione teorica la quale lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

$$v = \lambda \times \nu$$

Modificando i parametri del modello geotecnico sintetico, si può ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale: questa fase è detta di inversione e consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi a differente rigidità.

- Modi di vibrazione

Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle a profondità elevate.

- Profondità di indagine

Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.

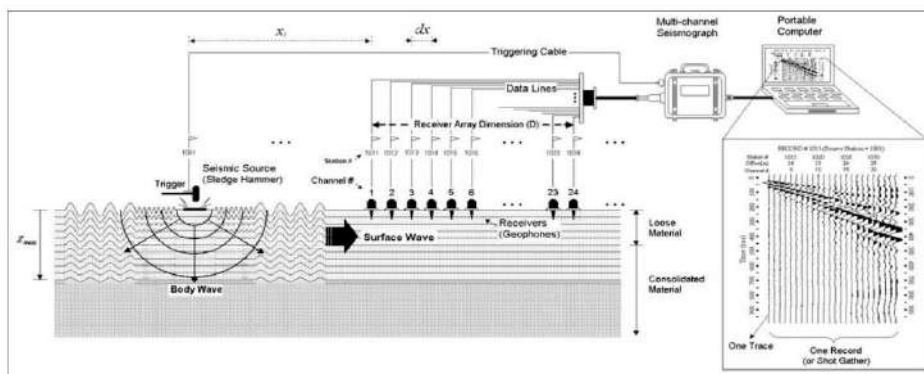


Figura 2.2.1. Schema di acquisizione dati MASW.

2.3 Prospezione sismica MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*):

L'indagine microsismica è stata eseguita impiegando un sismografo "DOREMI-SARA" con 24 e 12 canali con possibilità d'incremento e sovrapposizione strumentale del segnale, frequenza di campionamento di 1000 Hz e registrazione magnetica degli eventi. Essa consta di uno stendimento con lunghezza pari a 30 m. Sono stati disposti e collegati in serie 12 geofoni verticali. I trasduttori monocomponente sono comuni geofoni verticali, con frequenza propria di oscillazione a 4.5Hz. La distanza intergeofonica è stata fissata 2m per motivi logistici. Le energizzazioni (mazza battente su piastra) sono state realizzate in 2 punti posti esternamente alla configurazione geofonica (*end-shot*) e distanti 2,00 e 5,00m dalla copertura geofonica e su questa base sono state eseguite le elaborazioni. Tale configurazione è stata scelta per ottenere una buon compromesso fra risoluzione e quindi informazioni dettagliate dei primi metri di profondità del sito e profondità d'indagine. I dati acquisiti che consistono nella registrazione dei treni d'onda a partire dall'istante di energizzazione per un intervallo di tempo di 5000 msec, passo di campionamento Periodo 2 msec e frequenza Hz 200 μ s, sono stati riprodotti su supporto magnetico sul quale è stata eseguita l'interpretazione. L'interpretazione è stata condotta con softwares votati (Geopsy, Geostru e ProgramGeo) al fine di determinare la sismotratigrafia in onde S del sito accertando eventuali e locali inversioni di velocità e calcolando il valore equivalente alla profondità di 30 m per definire la locale categoria di suolo.



Fig.2.3.2:
Geofono starter
e prolunga



Fig.2.3.1:
Catena strumentale



Fig.2.3.4:
Geofoni 4,5 Hz

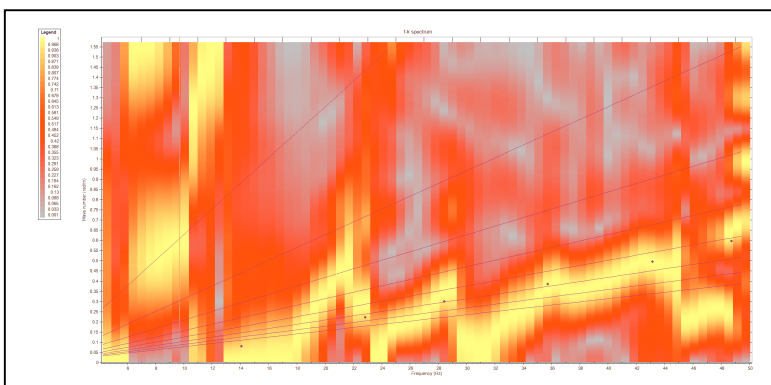
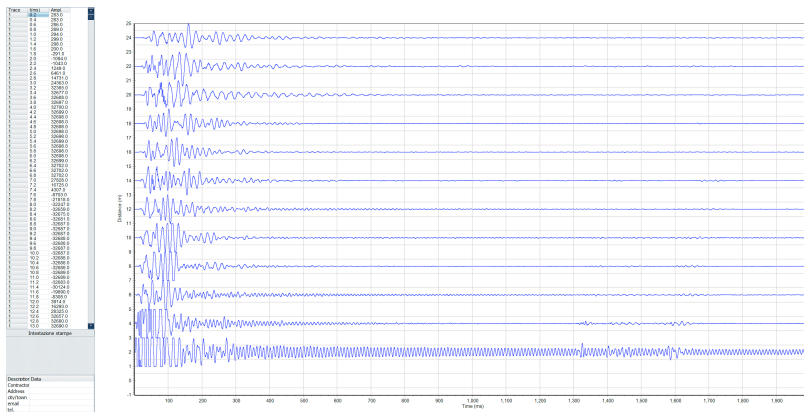
Fig.2.3.3:
Mazza battente e
piattello
di
battuta metallico

2.3.1 Elaborazione dati

Le onde superficiali di tipo Rayleigh sono state generate dalla battuta di una mazza del peso di 7,00 kg su un piattello metallico e registrate con 12,00 geofoni verticali, con un periodo di oscillazione di 4,50 hz, disposti secondo una geometria “lineare” e collegati all’unita’ di testa. La distanza intergeofonica è stata scelta pari a 2,00 m; la sorgente è stata posizionata distante 2,00 e 5,00m dalla catena strumentale. L’analisi spettrale nel dominio f-k e nel dominio v-hz dei sismogrammi ha permesso di calcolare la curva di dispersione sperimentale; il profilo delle velocità delle onde sismiche di taglio vs è ricavato definendo la migliore corrispondenza tra la curva di dispersione sperimentale e la curva di dispersione teorica, modificando in maniera opportuna lo “spessore”, il “peso di volume”, il “coefficiente di poisson”, la “vs = velocità delle onde di taglio” e la “vp = velocità delle onde di compressione” dei terreni di sedime che costituiscono il sottosuolo in corrispondenza del sito di intervento. Durante il test la sorgente viene posizionata all’inizio e alla fine del profilo in modo tale da ottenere profili sismici diretti ed inversi.

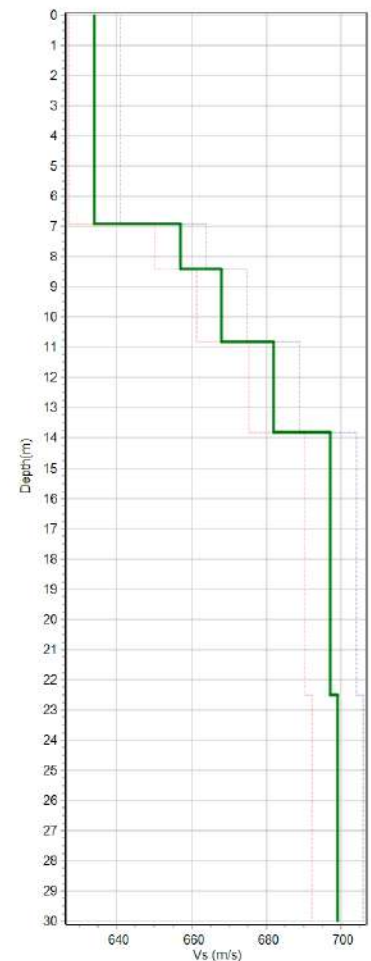
Acquisizione MASW

MASW N°1

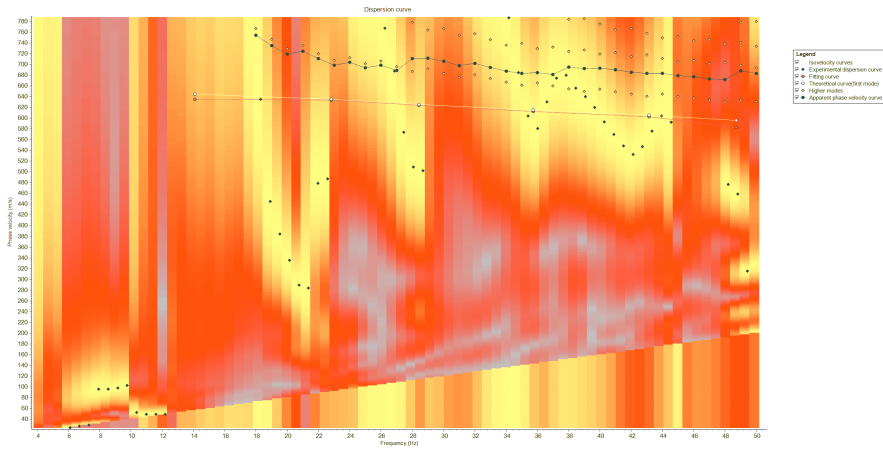


Spettro F-K 2D

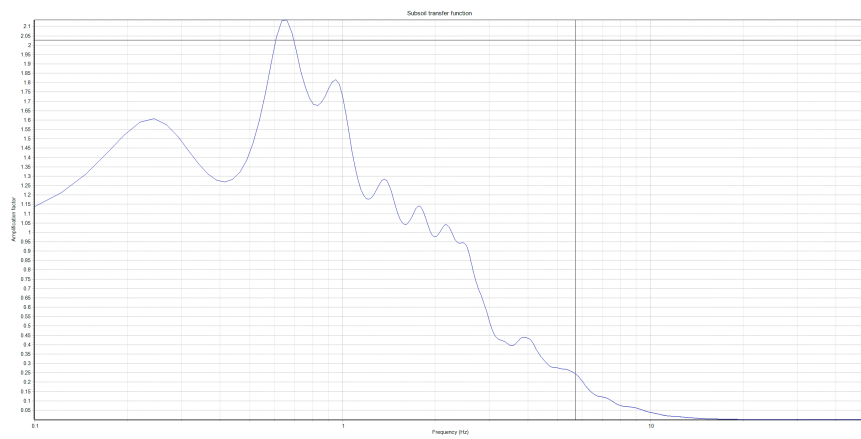
Profilo delle Vs.



Site class(EC8): B - Vseq. (m/s)= 676.1



Curva di dispersione



Funzione di trasferimento del terreno



Prova MASW

Geotechnical parameters at low strain M1											
N.	From(m)	to(m)	dz(m)	Vs(m/s)	Poisson R.	U.W.(kN/mc)	Vp(m/s)	G0(MPa)	Ed(MPa)	Kv(MPa)	Ey(MPa)
1	0.0	6.9	6.9	634.0	0.3	17.93	1192.2	734.67	2597.83	1618.27	1914.31
2	6.9	8.4	1.5	657.0	0.3	17.94	1234.36	789.38	2786.36	1733.85	2056.1
3	8.4	10.8	2.4	668.0	0.3	17.94	1254.94	816.03	2880.04	1792.0	2125.46
4	10.8	13.8	3.0	682.0	0.3	17.95	1280.26	851.07	2999.1	1864.35	2216.0
5	13.8	22.5	8.7	697.0	0.3	18.0	1303.97	891.39	3119.87	1931.35	2317.62
6	22.5	30.0	7.5	699.0	0.3	18.0	1307.71	896.52	3137.8	1942.45	2330.94

Legenda: Vs=Velocità onde S; Gamma=peso di volume; Vp= velocità onde P; GO=modulo di taglio; Ed =modulo Edometrico; Ky= Modulo di Bulk; Ey= modulo di Young.

Geotechnical parameters at high strain M1										
N.	From(m)	to(m)	dz(m)	Vs(m/s)	U.W.(kN/mc)	sigmav(MPa)	RQD%	E(MPa)	Phi(°)	Cu(kPa)
1	0.0	6.9	6.9	634.0	17.93	0.1237	4	359.32	50.5	1060.419
2	6.9	8.4	1.5	657.0	17.94	0.1506	4	385.93	50.2	1122.237
3	8.4	10.8	2.4	668.0	17.94	0.1937		398.95	49.1	1152.259
4	10.8	13.8	3.0	682.0	17.95	0.2475		415.94	48.3	1190.893
5	13.8	22.5	8.7	697.0	18.0	0.4041	4	435.02	46.2	1232.809
6	22.5	30.0	7.5	699.0	18.0	0.5391	4	437.52	44.8	1238.438

Latitudine:	38.084577°N
Longitudine	13.337063°E
mt. s.l.m.	92
Frequenza caratteristica di risonanza del sito (fo)	0.75 Hz (hvsr1) 0.71 Hz (hvsr2)
Categoria di sottosuolo	B
Vs eq	676 m/s - MASW
Categoria topografica	T1
Accelerazione Max al suolo (SLC) [m/s²]	2.678
Profondità del contrasto di impedenza.	oltre 50m (hvsr)

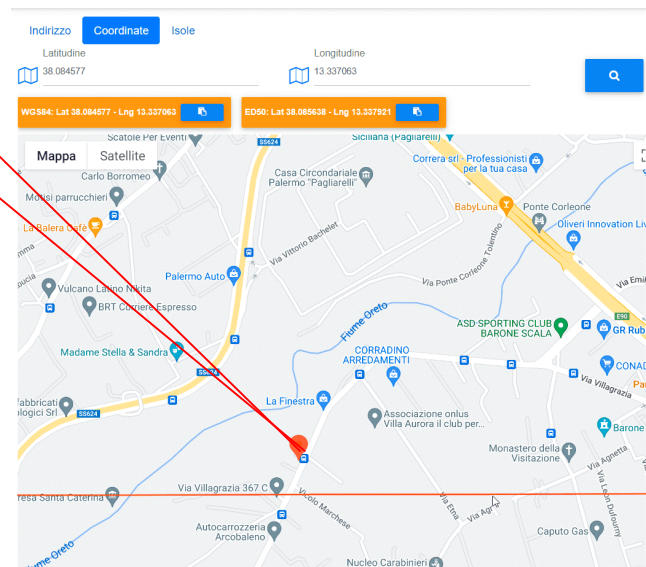


Fig.2 3.1 Ubicazione sito

Stati limite

Classe Edificio

II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e sociali...

Vita Normale 50

Interpolazione Media ponderata

CU = 1

Stato Limite	Tr [anni]	ay [g]	Fo	Tc [s]
Operatività (SLO)	30	0.044	2.329	0.229
Danno (SLD)	50	0.061	2.331	0.249
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.179	2.380	0.290
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.231	2.427	0.305
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

Fig.2 3.2 Calcolo del periodo di riferimento dell'azione sismica. "Edifici affollamento normale"

2.4 Classificazione dei litotipi in funzione delle caratteristiche di risposta sismica

Dall'insieme delle risultanze è possibile stimare il parametro $V_{s,eq}$ equivalente:

$$V_{s,eq} = 676 \text{ m/s}^1$$

tale parametro secondo la normativa vigente in Italia (Norme Tecniche per le Costruzioni 2018) colloca i terreni in **categoria B**. Questa categoria è stata ricavata, come da normativa, dalla relazione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

con:

h_i : spessore dell' i -esimo strato;

$V_{S,i}$: velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato;

N : numero di strati;

H : profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s.

Si è cercato pertanto di fornire indicazioni circa il grado di pericolosità sismica del sito in termini di eventuali amplificazioni locali e di classificazione dei terreni di fondazione rispetto alle modifiche attese nello spettro di risposta sismica. A tal scopo, si elencano le categorie del terreno di fondazione sismostratigrafiche, ai fini della definizione della azione sismica di progetto (le profondità si riferiscono al piano di posa delle fondazioni):

Categoria sottosuolo	Caratteristiche della superficie topografica	Spessore (m)	V_s (m/s)
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 caratteristiche meccaniche con spessore massimo pari a 3 m.	Qualsiasi	≥ 800
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 fra 360 m/s e 800 m/s.		≥ 360 ≤ 800
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 metri, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi fra 180 e 360 m/s.	> 30 m	≥ 180 ≤ 360
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 metri, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.	> 30 m	≥ 100 ≤ 180
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.	> 30 m	$\approx C$ e D

¹ L'indeterminazione delle stime si attesta a circa il 10% delle misure indicate

Montelepre Novembre '23

IL GEOLOGO:

Dott. Geol. Francesco Sapienza

Albo Regionale dei Geologi di Sicilia, n. 1014



Multichannel Analysis of Surface Waves: M1

N.	H(m)	Vs(m/s)
1	6.9	634.0
2	8.4	657.0
3	10.8	668.0
4	13.8	682.0
5	22.5	697.0
6	30.0	699.0

