

# COMUNE DI PALERMO

## RIDETERMINAZIONE URBANISTICA DELL'AREA CON ACCESSO DALLA VIA SANTA MARIA MAZZARELLO E DALLA VIA PERPIGNANO

FOGLIO DI MAPPA N. 53

PARTICELLA NN. 3446, 3450, 3578 e 3585



## RELAZIONE DI COMPATIBILITA' GEOMORFOLOGICA

La Committenza:

**JUMBO MARKET S.R.L.**

Il Responsabile del Procedimento

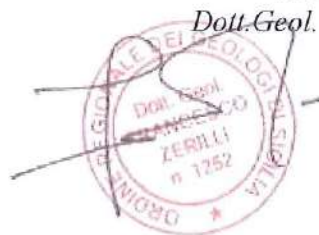
Esperto Geometra  
Arch. Rosario Favitto

VISIO

Il Capo Area  
Dr. Sergio Maneri

Il Geologo

Dott. Geol. Francesco Zerilli



## **1. Premessa**

Lo Scrivente, Geol. Zerilli dott. Francesco è stato incaricato dalla società **Jumbo Market s.r.l.** per la stesura di una relazione di verifica di compatibilità geomorfologica ai sensi art. 15 L.R.16/16 ex. art. 13 L. 02/02/1974 n. 64 a supporto della *rideterminazione urbanistica delle particelle nn. 3446, 3450, 3578 e 3585 del foglio di mappa 53 nell'area con accesso dalla Via Santa Maria Mazzarello e dalla via Perpignano nel comune di Palermo.*

Nello specifico trattasi nella rideterminazione urbanistica in **ZTO D1, con vincolo di utilizzo esclusivo a parcheggio pertinenziale** delle attività commerciali di proprietà della Jumbo Market, di un'area attualmente adibita provvisoriamente a parcheggio (ex art. 29 delle NTA del PRG vigente), la cui destinazione urbanistica risulta oggi essere "ZTO S - attrezzature scolastiche" di cui la zona risulta già ampiamente servita (vedasi Asilo Nido "Il Girasole" e Scuola Media "Principessa Elena di Napoli").

La suddetta rideterminazione urbanistica viene attuata in forza della nomina del Commissario ad acta in esecuzione alla Sentenza TAR Sicilia di Palermo n.2120/2021.



Fig. 1 – L'area adibita oggi a parcheggio di cui si richiede la rideterminazione sul PRG

Il piano di studio verrà reso in osservanza a quanto riportato nel D.A. n. 120 del 14.07.2021 – *Studi geologici per la redazione di strumenti urbanistici*, del D.D.G. n. 102 del 23.06.2021 – *Attuazione delle misure della Pianificazione distrettuale relativa all'applicazione dei principi d'invarianza idraulica* e D.A. n. 117 del 07/07/2021 - *LINEE GUIDA COMPATIBILITA' IDRAULICA* si è quindi articolato come segue:

- inquadramento geomorfologico di dettaglio, con particolare attenzione ai rapporti intercorrenti tra i lineamenti morfologici e le litologie, in funzione di eventuali fenomeni di dissesto generabili sia per cause naturali che indotti per le opere da realizzare;
- rilevamento geolitologico, estendendolo anche alle aree perimetrali rispetto al sito, per raccogliere tutte le informazioni necessarie per la

redazione della carta geolitologica di scala adeguata che evidenzi oltre alle caratteristiche litologiche anche i rapporti di giacitura, gli spessori ed i lineamenti tettonici;

– studio del quadro idrogeologico locale e dell'area attigua, delineando gli aspetti essenziali della circolazione idrica superficiale e sotterranea in relazione allo smaltimento delle acque dilavanti ed alla protezione delle falde idriche;

– riferimenti sulla compatibilità delle scelte urbanistiche relative agli insediamenti abitativi, produttivi e di servizio in relazione alle condizioni morfologiche rilevate;

– indicazione delle caratteristiche tecniche necessarie, ma al momento orientative in quanto riferite all'intera area di variante, per una qualificazione delle specifiche condizioni di edificabilità del territorio, tenendo conto dell'interazione terreno-struttura in relazione all'ubicazione di manufatti.

Di complemento alla presente sono le carte tematiche e le indagini geologiche redatte ai sensi del D.A. n.120 del 14.07.2021 che definisce i lineamenti essenziali per studi del tipo in questione.

Pertanto, sono state eseguite indagini geognostiche a carotaggio continuo consistenti in n. 1 sondaggio geognostico a carotaggio continuo spinto fino al raggiungimento certo della formazione di base. La caratterizzazione geotecnica dei terreni si è eseguita alla luce dell'eterogenità dei terreni rinvenuta (terreni di riporto e sabbie con elementi calcarenitici sospesi) mediante l'esecuzione di prove SPT in foro

e acquisizione di note bibliografiche da pubblicazioni accademiche sui terreni della Piana di Palermo.

A supporto della presente sono stati eseguiti n. 2 rilievi geofisici mediante strumentazione sismica digitale per l'ottenimento della stratigrafia dei terreni e la caratterizzazione sismica dell'area mediante studio di microzonazione mediante tecnica MASW.

In ottemperanza a quanto previsto al DM 17.01.2018 – NTC2018 si è ottenuta la velocità delle onde di taglio nell'intervallo dei primi trenta metri di terreno che ha consentito di ottenere la Categoria del suolo di fondazione secondo lo schema semplificato riportato alla tabella 3.2.II.

Si rimanda in allegato per le schede di rilievo e tecniche.



*Fig. 2 – Vista d'insieme con localizzazione dell'area d'intervento*



*Fig. 2/bis – Vista d'insieme con localizzazione esatta dell'area d'intervento*

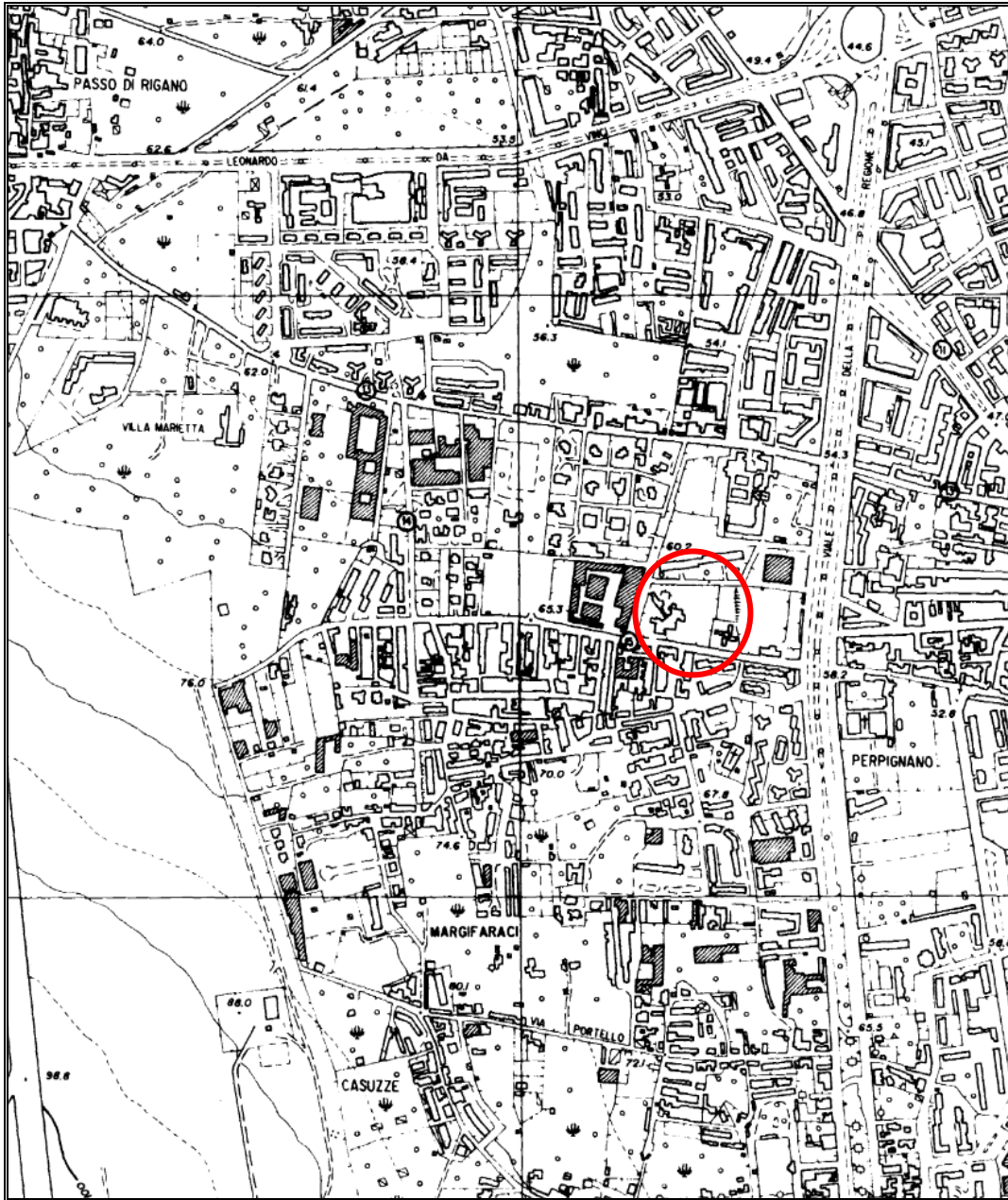
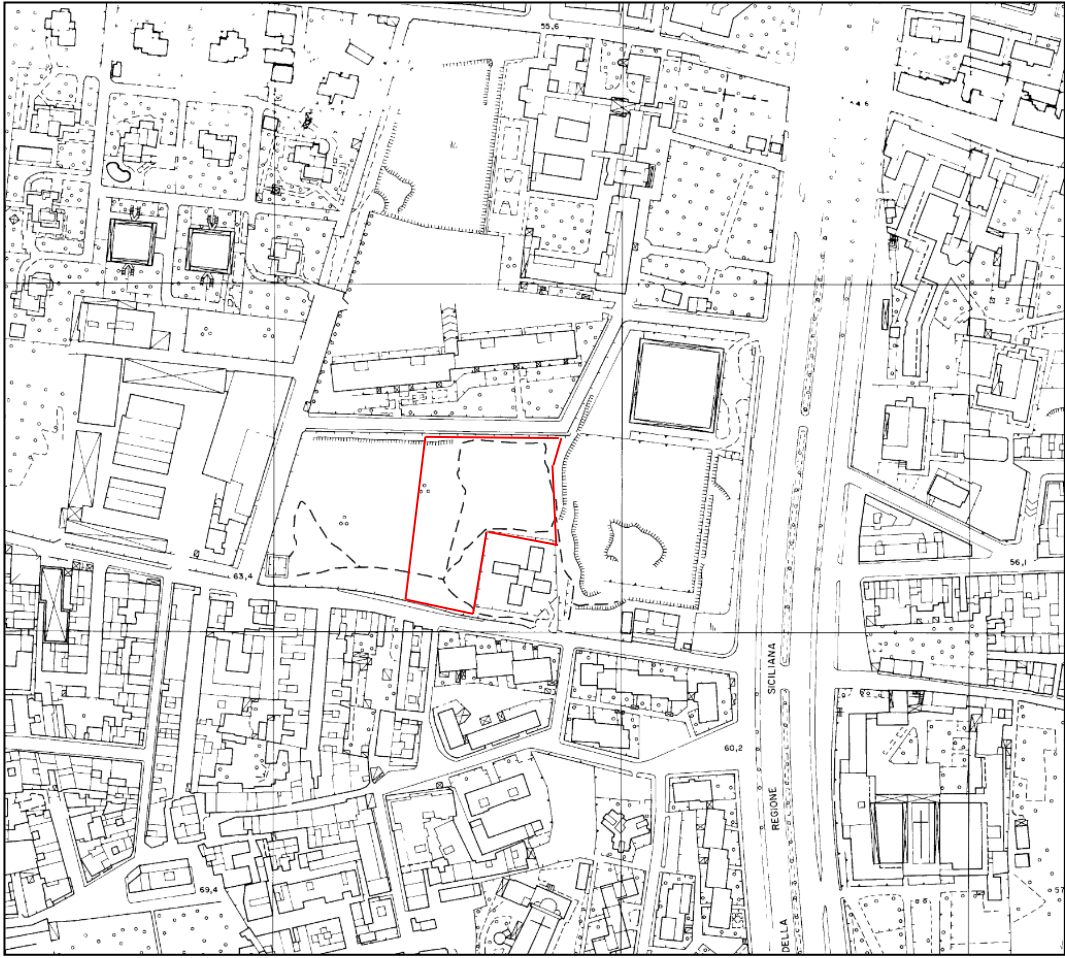
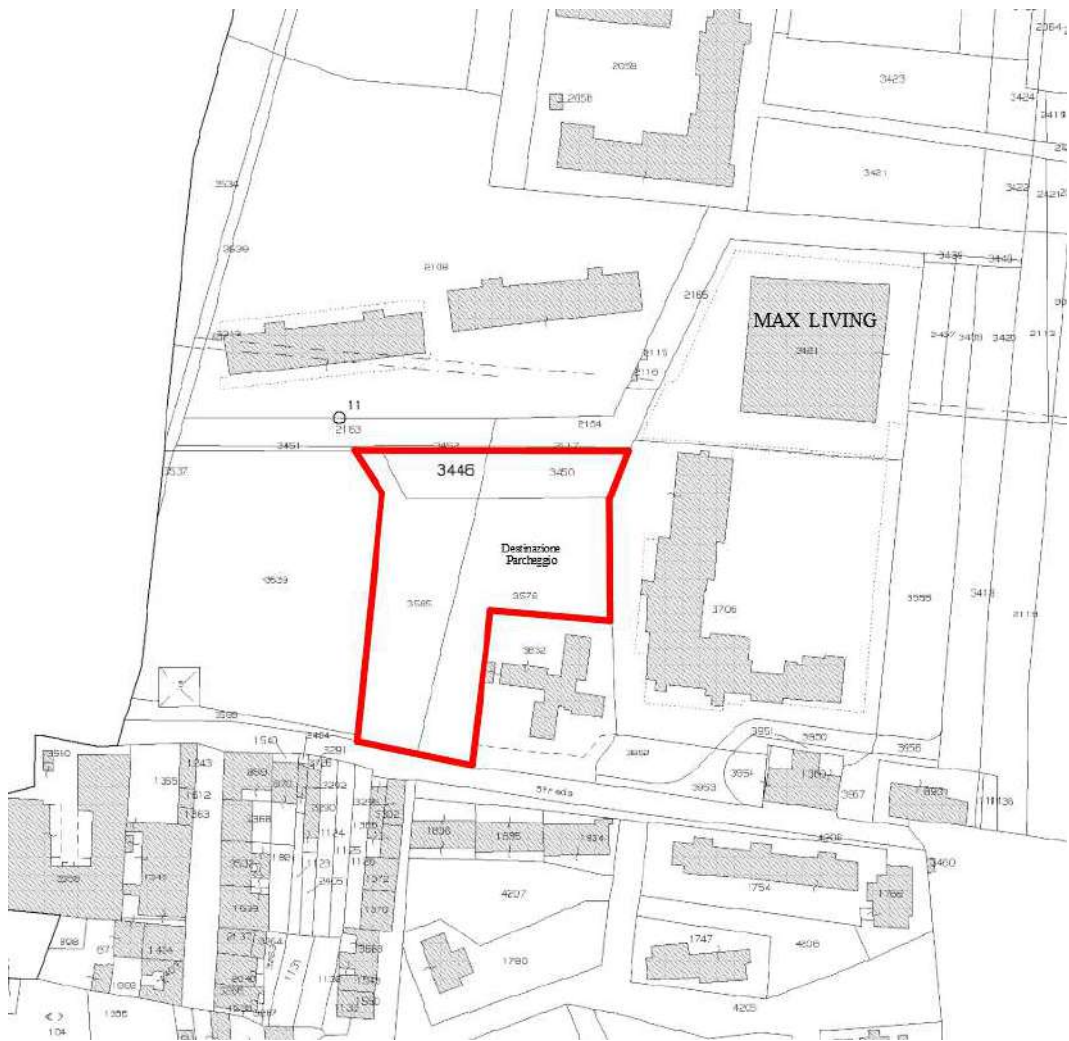


Fig. 3 – Stralcio CTR n. 594080 – Bocca di Falco – Monte Cuccio

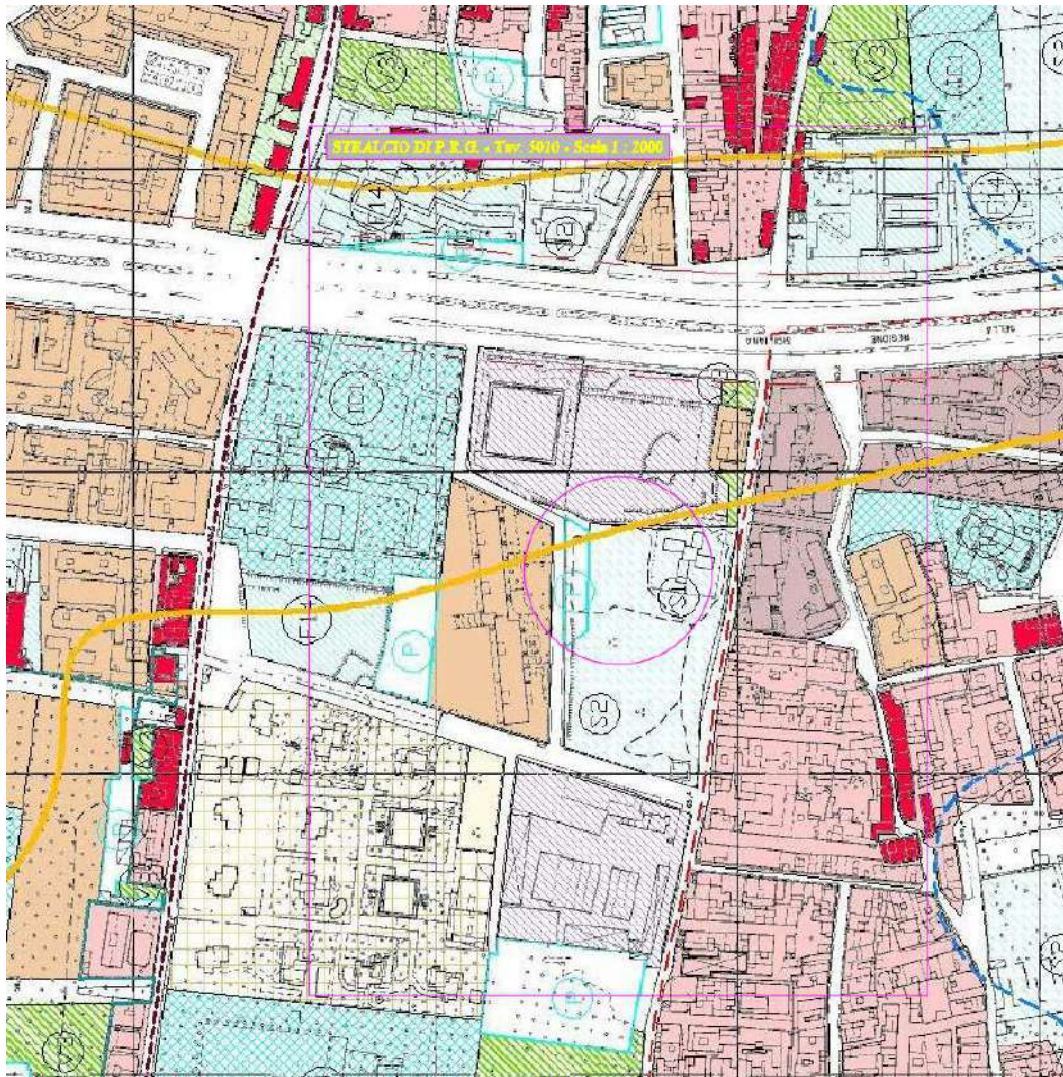


*Fig. 4 – Stralcio CTC n. 36 – Margiferaci  
Il poligono in rosso definisce l'area d'intervento*





*Fig. 5 – Stralcio catastale foglio di mappa n. 53 Plle n. 3446-3450-3578-3585*



*Fig. 6 – Stralcio PRG vigente tavola n. 5010*

## **2. Ambiente fisico: assetto ed evoluzione geomorfologica**

Il territorio comunale di Palermo ha un'estensione di circa 159 kmq e ricade in parte nella tavoletta edita dall'Istituto Geografico Militare – I.G.M. – “Palermo” ma anche "Torretta", “Misilmeri”, “Monreale” ed in parte nella tavoletta "Isola delle Femmine", alla scala 1: 25.000. Esso è limitato a nord dal Mar Tirreno, a sud dalle dorsali calcaree che fanno capo ai Monti di Palermo mentre al suo interno emerge Monte Pellegrino che sembra separare il lato orientale da quello occidentale della città.

Da un esame plano-altimetrico dell' area eseguito sulla base cartografica, questa appare costituita da una vasta area sub-pianeggiante prospiciente al mare che rappresenta quasi il 60 % dell'estensione territoriale bordata antiteticamente da espressioni montuose alquanto aspre che risalgono verticalmente per tettonica mostrando con evidenza contatti per faglia camuffati da detriti di falda spesso evoluti in conoidi. Nelle dorsali vengono raggiunte le quote più elevate e generate pendenze notevoli mentre il resto della piana ha andamento sub-pianeggiante.

Nel complesso quindi il territorio è caratterizzato da due differenti lineamenti: una morfologia molto acclive con pareti sub-verticali che caratterizza le rocce più competenti molto provate dalla tettonia tensile mio-pliocenica; una morfologia alquanto blanda che caratterizza la piana antistante che ha subito nel tempo i fenomeni di trasgressione e regressione marina. Il passaggio tra i due ambienti morfologici è camuffato da una fascia di detrito di falda continuo e omogeneo caratterizzato da pendenze medie ed elevate nelle porzioni prossime alla dorsale.

Differenti comportamenti reologici hanno quindi caratterizzato le litologie presenti. Faglie dirette a rigetto verticale interessano i complessi rigidi mentre passaggi di facies con discontinuità stratigrafica interessano i complessi duttili. Ulteriore aggravio è svolto anche dagli agenti esogeni hanno fortemente influenzato l'evoluzione morfologica del territorio; infatti frane per crollo e rotolamenti di massi caratterizzano le aree maggiormente degradate così come rappresentato nel Piano per l'Assetto Idrogeologico il cui stralcio si riporta in allegato. Assenti invece i dissesti nell'abitato ed in generale nella parte sub-pianeggiante.

Il regime idrografico istauratosi è del tipo parallelo con poche aste principali di modesto gradiente e portate regimate, impostatesi in valli basse e larghe nelle zone montane e pedemontane mentre del tutto invisibili in coincidenza del tessuto urbano poiché gli alvei sono stati sistemati con scatolari in c.a. o armco per controllare e veicolare le portate idrauliche. L'unica espressione degna di nota è il Fiume Oreto che nasce dalle pendici delle dorsali calcaree della zona tra Altofonte e Monreale e scorre in maniera ordinata fino alla foce con portate regolarizzate degli interventi di sistemazione idraulica subiti.

Anche dal punto di vista della pericolosità idraulica l'abitato come pure l'area in studio non rientra in zone a rischio elevato o molto elevato se non in coincidenza di restringimenti di alcuni decorsi (Passo di Rigano o Oreto) che per riduzione della sezione idraulica danno luogo ad effetti di rigurgito localizzati. come confermato dalla cartografia del Piano per l'Assetto Idrogeologico il cui stralcio si riporta in allegato.

-----

### **3.0 Caratteristiche pluviometriche e termometriche dell'area**

L'area in studio ricade nella zona occidentale dell'abitato di Palermo che non risulta avere un pluviometro registratore in uso pertanto ci si è avvalsi delle misure pluvio-termometriche registrate presso la stazione (topoieta) di Isola delle Femmine. Per quanto riguarda questi aspetti si riportano i dati termometrici e pluviometrici registrati dal Ministero dei LL.PP. per il territorio di Palermo e pubblicati dal Servizio Idrografico negli Annali Ideologici, nel dettaglio si farà riferimento all'intervallo 1964 - 1973. Dalle osservazioni sui dati termometrici si evince che il mese più caldo è Agosto con circa 26,5 gradi, mentre quello più freddo è Gennaio con 13 gradi.

Dalle osservazioni sui dati pluviometrici si evince che il 75% dell'afflusso meteorico si ha nel semestre Settembre-Febbraio con punte massime in Dicembre e Gennaio mentre le punte minime sono in Luglio e Agosto. Peraltro la distribuzione piovosa è molto irregolare nell'anno e variabile tra gli anni. Da quanto riportato si deduce che il regime pluviometrico è mediterraneo marittimo, mentre il tipo di clima è meso-mediterraneo.

Dai dati termo-pluviometrici si è risaliti ai valori medi dell'indice di aridità mensile che risulta minimo nel periodo Giugno-Luglio-Agosto mentre elevato in Dicembre-Gennaio-Febbraio.

L'elaborazione congiunta di tutti i dati ha consentito il calcolo nell'anno idrologico medio delle temperature e della pluviometria:

<i>Temperatura media = 19 C°</i>	<i>Piuvosità med. annua = 570 mm</i>
----------------------------------	--------------------------------------

#### **4.0 Stato dei luoghi e interventi previsti**

L'area oggetto della richiesta di rideterminazione, come pure gli immediati intorni significativi, si pone lungo un pianoro con pendenza blanda o nulla nell'ambito del tessuto urbano dell'abitato di Palermo e per tale localizzazione risulta difficoltoso produrre delle considerazioni geomorfologiche ed idrogeologiche di rilievo in quanto resta visibile solo l'assetto plano-altimetrico generale.

Più in dettaglio l'area è di circa 6.000 mq, è delimitata perimetralmente da muri di recinzione e vi si accede dalla via Perpignano a sud e dalla via Santa Maria Mazzarello a nord, mentre a est confina con l'area dove sorge il centro commerciale della LIDL ed a ovest confina con la scuola Media Principessa Elena di Napoli.

Al momento l'area si presenta sub-pianeggiante dotata di illuminazione e organizzata con delimitazione di posti auto singoli. L'intera area è asfaltata e non mostra segni di vetusta o anche parti depresse per cedimenti localizzati.

L'area non è interessata da dissesti in atto né potenziali e per la relazione tra assetto plano-altimetrico e geologia dei luoghi si esclude ogni possibilità di dissesto profondo o superficiale per effetto della forza di gravità anche se caricata da strutture in futuro.

L'area non è attraversata da solchi torrentizi di vario ordine gerarchico, e non è interessata dal fenomeno del ruscellamento superficiale.

Si esclude per l'area ogni forma di pericolosità geologica poiché non è area franosa, non è esondabile, non è erodibile, i terreni hanno adatte capacità portanti, i terreni sono stabili anche se tagliati verticalmente e, con corretti accorgimenti, è garantita l'invulnerabilità di eventuali

acquiferi poiché è presente la rete fognaria dinamica comunale e nell'area non è mai svolta alcuna attività di deposito, trasformazione o solo trattamento di materie inquinanti.

Riguardo la pericolosità sismica dell'area, non è franosa, l'area ha modesta pendenza di pochi gradi ( $< 15\%$ ), non è area di ciglio né ricade sulla cresta di dorsale rocciosa, non è area di fondovalle ma è area intermedia, i terreni non hanno caratteristiche geotecniche scadenti e da quanto appreso dalla microzonazione sismica eseguita la zona non mostra contatti tra litotipi a caratteristiche fisico-meccaniche differenti quindi non subiscono amplificazioni differenziate del moto del suolo o cedimenti. L'area non è un punto di raccolta di protezione civile.

Si conclude che l'area è stabile e sicura ed è fuori dalle zone di vincolo previste da P.A.I.

Solo parzialmente, nell'angolo nord-nord/est, ricade all'interno di un'area che nel PRG vigente è tematizzata come "rischio frane DARTA", poi superato nell'esistenza dall'aggiornamento della cartografia del PAI tanto che la perimetrazione delle aree critiche per la presenza di Kanat, cave sepolte, cavità ipogee, ecc. definita "sito d'attenzione" non coincide con la perimetrazione del PRG.

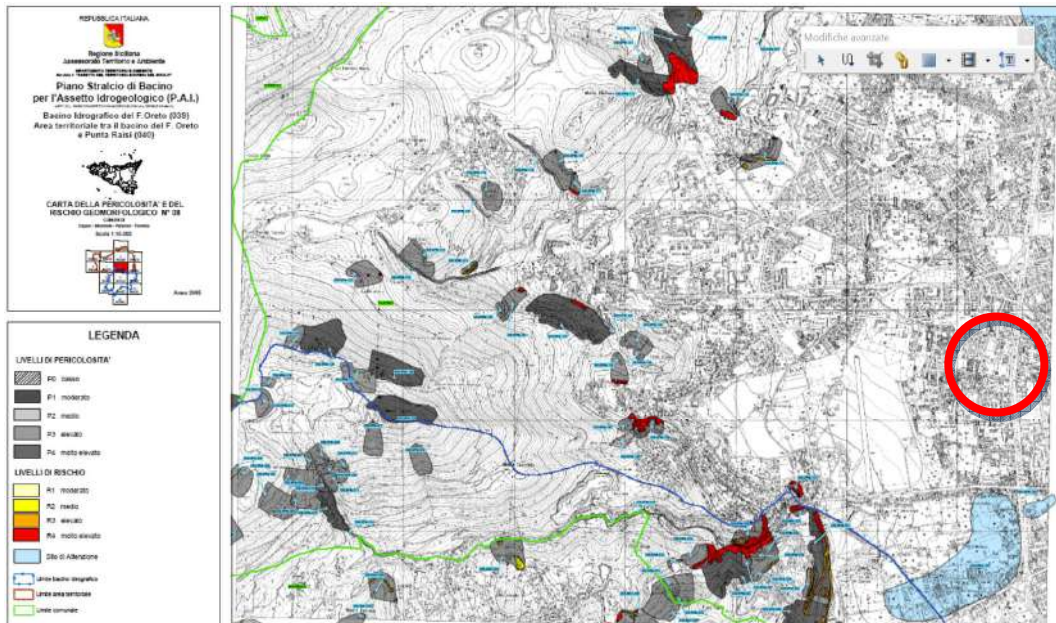


Fig. 7 – Stralcio carta della pericolosità e rischio geomorfologico P.A.I.

**L'area in studio ricade fuori da ogni vincolo PAI**

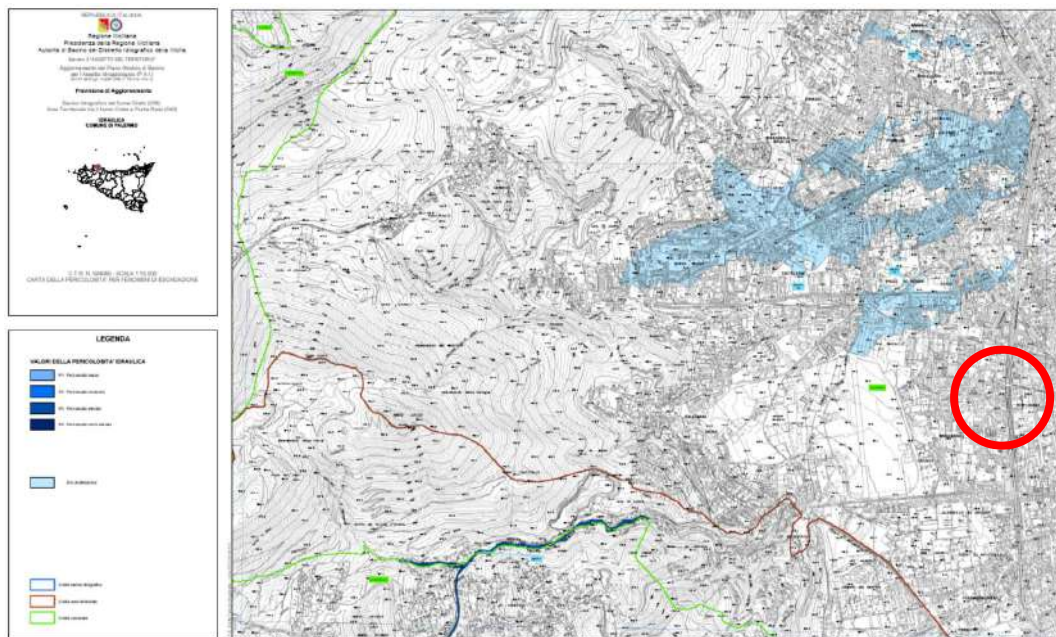
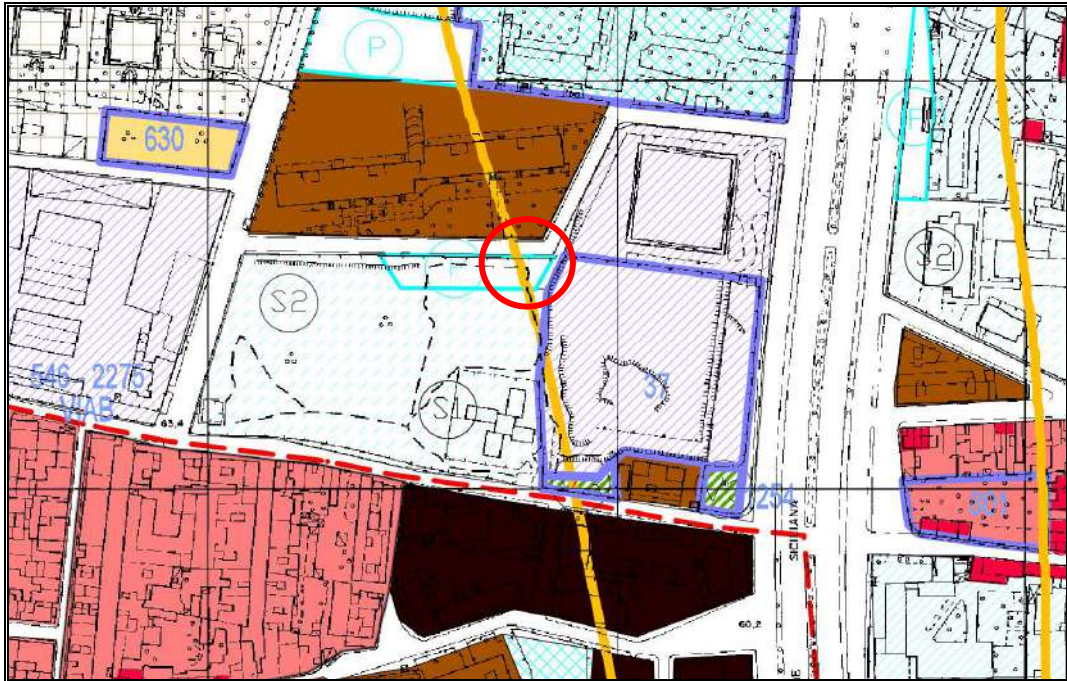


Fig. 8 – Stralcio carta della pericolosità e rischio idraulico P.A.I.

**L'area in studio ricade fuori da ogni vincolo PAI**





*Fig. 9 – Stralcio PRG vigente – La linea gialla che attraversa il lotto definisce un vincolo per “rischio frane DARTA” poi superato dall’aggiornamento della cartografia del PAI*

## **5. Caratteri geolitologici generali della Piana di Palermo**

Per risalire alla caratterizzazione geologica, petrografica e sedimentologica dell'area interessata dalla progettazione ci si è avvalsi di un rilevamento geologico di superficie integrato da conoscenze acquisite con indagini dirette ed indirette pregresse e bibliografiche.

In base agli studi precedenti (Gignoux, 1913; Ruggieri, 1967; Ruggieri & Sprovieri, 1975), alcuni dei quali basati sull'analisi delle informazioni litostratigrafiche, derivanti da indagini geognostiche (Cusimano et al., 1997; Giammarinaro et al., 1999) ed alle più recenti ricerche (Calvi et al., 1998 e 2000, Contino et al., 2003), si è ricostruita la successione dei sedimenti marini pleistocenici della Piana di Palermo. Tali terreni risultano databili all'Emiliano sup. – Pleistocene medio, al Pleistocene superiore (Buccheri, 1966) ed all'Olocene (Di Stefano, 1998).

La Piana di Palermo è costituita da depositi pleistocenici marini, con spessori variabili, che talora possono raggiungere i 100 m, di calcareniti e/o argille sabbiose e silt, discordanti sui carbonati meso – cenozoici del settore di catena dei Monti di Palermo (Caflich, 1966; Abate et al., 1978; Catalano et al., 1979) o sulle loro coperture numidiche. Nel dettaglio, dal basso verso l'alto è riconoscibile la seguente successione:

a) terreni del substrato meso-cenozoico

Il substrato meso-cenozoico della Piana di Palermo è costituita da:

- successioni carbonatiche mesoterziarie imeresi e panormidi
- Flysch Numidico (Oligo – miocene): terreni argilloso-marnosi con intercalazioni, a luoghi, di arenarie quarzose. Il tetto del numidico della Piana presenta alti e bassi morfologici allineati secondo direttrici tettoniche pleistoceniche, già riconosciute nell'area da diversi autori

(Catalano et al ., 1979, 1998; D'Angelo et al. 1980; Abate et. al. , 1982; Catalano & D'Argenio, 1982; Nigro & Renda, 2002).

b) depositi marini dell'Emiliano sup. - Pleistocene medio

I depositi pleistocenici possono essere distinti in due litofacies principali:

- una calcarenitica superiore, con intercalati livelli argillosi e argilloso sabbiosi, con spessore variabile da qualche metro ad oltre 80 m (località Resuttana ai Colli). Questa litofacies è costituita da biocalcisiltiti e sabbie, passanti in alto a litareniti, biocalcareniti e/o biocalcisiltiti (e subordinate biocalciruditi). La loro colorazione varia dal biancastro al giallastro, in funzione della percentuale di ossidi di ferro e manganese (Liguori & Cusimano, 1978). La cementazione, con un grado molto variabile, è sia primaria (calcite microcristallina), che secondaria (calcite spatica), e sono diffusi i processi di decementificazione legati alla circolazione delle acque sotterranee. A nord della Città, le calcareniti sono biancastre, granulometricamente omogenee, a prevalente contenuto calcitico e con rari livelli argilloso sabbiosi; mentre nel settore meridionale, le calcareniti sono giallastre e con una percentuale variabile di silice e quindi un diverso grado di cementazione (Cusimano & Di Cara, 1995). Nell'ambito delle calcareniti giallastre sono riscontrabili sia variazioni di litofacies, causate da ripetute eteropie laterali e/o verticali, sia argille sabbiose in livelli più frequenti e più potenti rispetto alle calcareniti biancastre.

- Una inferiore, prevalentemente argilloso-siltosa, assente o ridotta nel settore settentrionale della Piana. Questi depositi sono costituiti da argille sabbiose azzurre fossilifere con ripetuti passaggi di silt, sabbie e calcareniti talora grossolane, infra -circalitorali (Ruggieri, 1993), e con

locali intercalazioni di sabbie medie o grossolane (Liguori & Cusimano, 1978). Lo spessore è mediamente decametrico, con un massimo in perforazione di circa 90 m (località Romagnolo). Alla base, in discordanza, si riscontra un orizzonte discontinuo, più o meno potente (sino ad oltre 1 m), di conglomerato trasgressivo polimittico, costituito da ciottoli, di natura silicea o carbonatica, da ben arrotondati ad appiattiti, con fori di litodomi o di spugne Cliona .

c) Depositi marini del Pleistocene sup.

Lungo la costa, ed in particolare nelle località Sferracavallo, Addaura, Vergine Maria, Arenella e Acqua dei Corsari, si riscontrano dei depositi marini del Pleistocene sup. con spessori medi in perforazione di 4 m (Arenella). Si tratta di biocalcareniti e/o biocalciruditi e/o ghiaie in matrice sabbioso-siltosa discordanti sui terreni precedenti. Parte di essi sono stati datati al Tirreniano (Buccheri, 1966).

d) depositi continentali recenti ed attuali

- Sabbie eoliche ed eolianiti würmiane . Sono presenti in limitati affioramenti ubicati a ridosso di pareti rocciose (Monte Gallo, Addaura, Arenella, Pizzo Sferrovecchio), e costituiti da sabbie calcaree, più o meno quarzose, a stratificazione incrociata.

- Depositi di travertino . Si tratta di placche di calcari concrezionati bianco grigiastri, da vacuolari a compatti, legate a manifestazioni sorgentizie di un certa rilevanza. In questi depositi si rinvencono, inoltre, molluschi polmonati ( *Helix* spp. ) e raramente vertebrati continentali.

Siti di affioramento sono quelli di Baida, di S. Isidoro (dove hanno spessori decametrici) ed Acqua dei Corsari.

- Depositi alluvionali . Affiorano in special modo lungo l'Oreto e nella parte alta della incisione del Fiume del Maltempo. Sono costituiti da ghiaie e ciottoli centi – decimetrici polimitici, immersi in una matrice sabbioso siltosa bruna o grigiastra. Gli spessori sono estremamente variabili, con massimi nel tratto terminale dell'Oreto (circa 50 m).

- Depositi fluvio-lacustri e palustri . Si tratta di sabbie fini con rari ciottoli centimetrici che si rinvencono, con spessori generalmente metrici, soprattutto a valle di gruppi sorgentizi (Favara di Villabate e Favara di Maredolce). Nelle anse riparate del Fiume del Maltempo (Giardinaccio) e del Papireto affiorano anche silt torbosi bruno – nerastri. Altre aree palustri si rinvenivano un tempo nelle aree di Margifaraci, Ucciardone, Maredolce, etc.

- Depositi colluviali . Sono costituiti da sabbie fini e silt bruni o rossastri con ciottoli poco arrotondati, centimetrici, sparsi a sciami o concentrati in livelli lenticolari. Gli spessori maggiori (circa 20 m), si riscontrano nei tratti terminali delle principali conoidi, al piede dei versanti dei Monti di Palermo, specie nel sottosuolo del Borgo Nuovo e del C.E.P. Si rinvencono, inoltre, frequentemente, all'interno della Piana in corrispondenza delle antiche depressioni vallive, dove sono interdigitati con i depositi alluvionali.

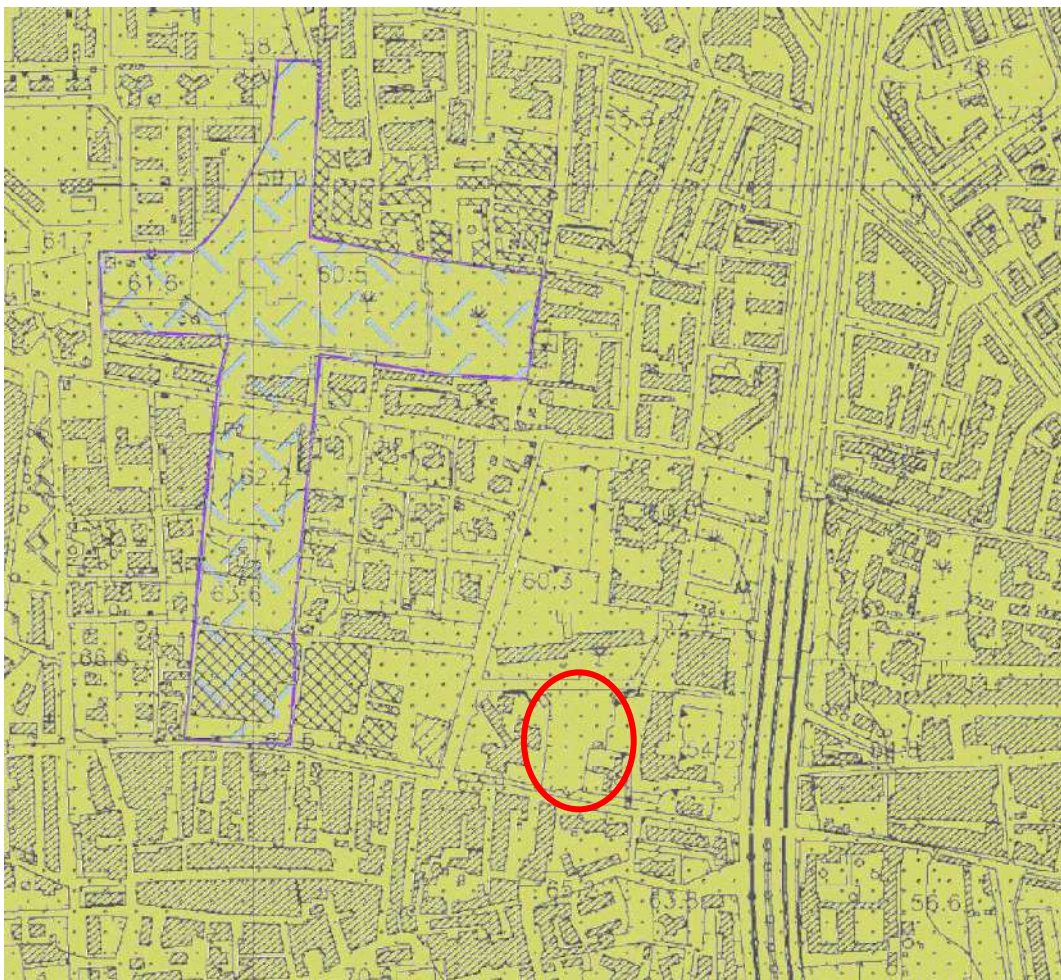
- Depositi litoranei dell'antico porto (La Cala) - Questi depositi sono molto eterogenei, prevalentemente sabbioso – ghiaioso – ciottolosi, con orizzonti di argille torbose grigio nerastre. Si riscontrano costantemente nell'area dell'antico porto, confermando, in accordo coi dati storici, la presenza di una vasta rada che probabilmente si addentrava sino a lambire il sito dove oggi sorge la chiesa di S. Antonio Abate in Via Roma.

- Materiali di riempimento e risulta . Si riscontrano, con potenza variabile, in perforazione nella Piana di Palermo, essendo legati essenzialmente al riempimento di cave di materiale lapideo, successivamente abbandonate. Nel centro storico a ciò si aggiungono i riporti legati agli imponenti lavori per la realizzazione della cinta muraria cinquecentesca ed alla regimazione del Fiume del Maltempo e bonifica del Papireto, culminate con la colmata definitiva del 1591. In quest'ultima zona si rinvennero, infatti, spessori superiori anche ai 10 m di materiali di risulta. Gli eventi bellici legati al secondo conflitto mondiale hanno determinato la creazione di ingenti cumuli di macerie che sono stati successivamente stoccati in discariche ubicate in alcune aree soprattutto costiere.

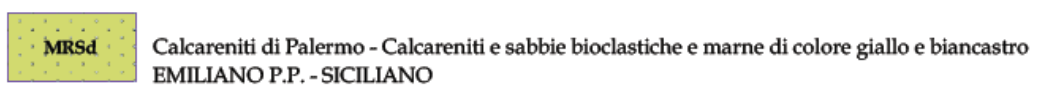
### 3.1 I terreni di sedime in dettaglio

Per quanto riguarda la geologia dell'area, dai sopralluoghi eseguiti e dalle indagini geognostiche effettuate, è presente per spessori variabili compresi tra qualche decimetro e circa 6 m “terreno di riporto” a matrice limo sabbiosa con brecce poligeniche e sfabbricidi sospesi, passante in

basso al ben noto complesso delle calcareniti e sabbie del pleistocene presente in gran parte del tavolato palermitano. Da quanto appreso dai sondaggi geognostici eseguiti, non è rilevabile la presenza di falda acquifera. poiché impostata alla quota di circa -16/18 m dal calpestio dell'area.



#### SINTEMA DI MARSALA



*Fig. 10 – Stralcio carta geologica*

## **6. Lineamenti idrogeologici**

Come evidenziato nei lineamenti geologici, l'area oggetto della presente indagine ricade su terreni di riporto recenti di modesto spessore utilizzati per rastremare e disporre l'asfalto e come formazione di base abbiamo le calcareniti e sabbie pleistoceniche che soggiacciono sulle argille grigio scure numidiche.

Le sabbie calcarenitiche costituiscono il principale acquifero dell'area indagata; si tratta di sedimenti dotati di permeabilità primaria del tipo per porosità con grado di permeabilità da medio ad alto ( $10^{-7} < K < 10^{-4}$  m/sec) e dove sono presenti gli orizzonti calcarenitici cementati la permeabilità è del tipo secondario per fessurazione e fratturazione con grado di permeabilità alto ( $10^{-1} < K < 10^{-2}$  m/sec) e con una evoluzione della permeabilità verticale in senso crescente. Sono caratterizzati da frequenti eteropie sia in senso orizzontale, che verticale. Tali variazioni determinano dei locali aumenti o delle locali diminuzioni alla filtrazione, talora fino quasi all'annullamento, nel grado di permeabilità se la percentuale di materiale fine supera il 50% nella classazione granulometrica del campione. I terreni di riporto soprastanti, sono sedimenti dotati di porosità primaria medio alta, del tipo per porosità, grado di permeabilità da medio ad alto ( $10^{-3} < K < 10^{-1}$  m/sec,  $K > 10^{-2}$ ) e con una evoluzione verticale della permeabilità in senso crescente. Sono caratterizzati da frequenti eteropie sia in senso orizzontale, che verticale.



## **7. Le indagini geognostiche eseguite**

Nell'ambito del presente studio è stato eseguito un piano d'indagine geognostico, geotecnico e geofisico esaustivo consistente in:

- Esecuzione di n. 1 sondaggio a carotaggio continuo;
- Esecuzione di prove dinamiche in foro del tipo "SPT";
- Esecuzione di n. 2 prospezioni sismiche con il metodo a rifrazione con interpretazione tomografica e con il metodo MASW;

al fine di risalire all'esatto assetto stratigrafico e litotecnico dell'area interessata dalla realizzazione delle opere.

Il sondaggio eseguito è stato denominato S1 ed il centro d'indagine è riportato nella planimetria in allegato.

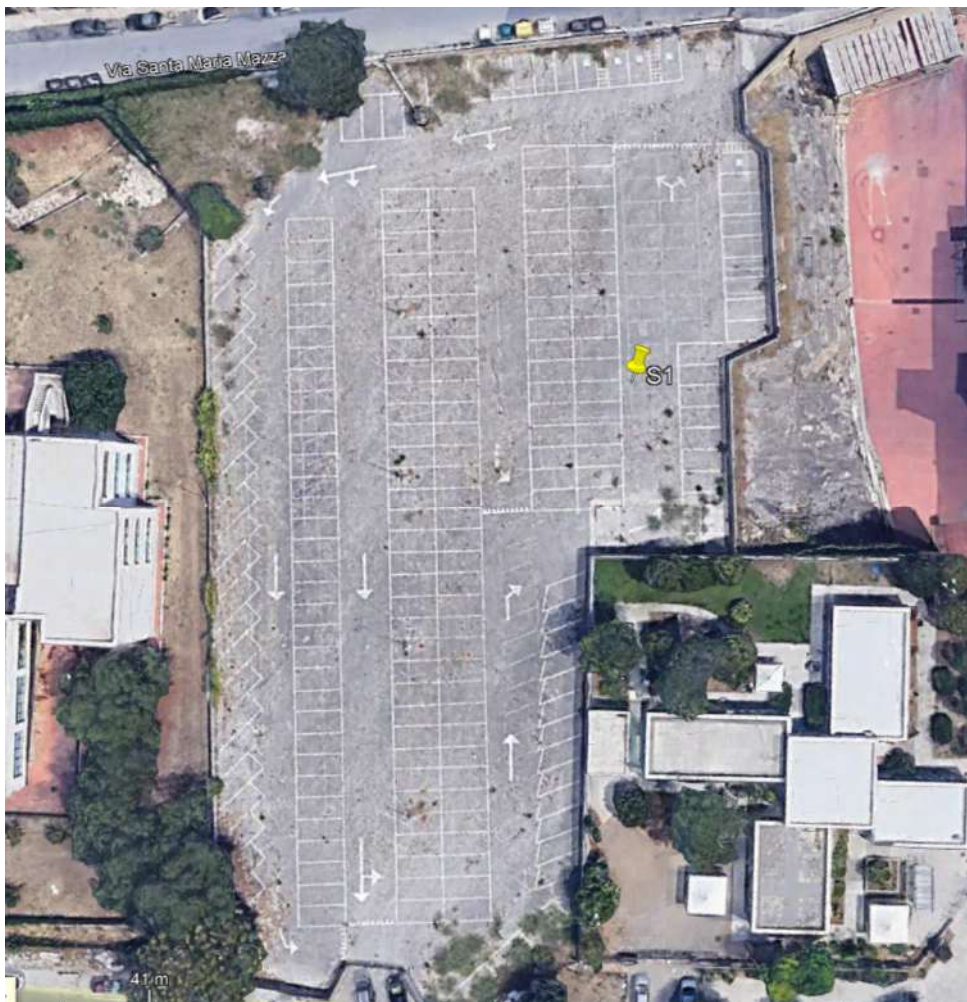
La trivellazione è stata eseguita a rotazione, a carotaggio continuo con il recupero di carote di terreno poco disturbate, con avanzamento in foro a secco ed in subordine a circolazione diretta d'acqua. La macchina utilizzata è una trivella oleodinamica marca Beretta modello T59 montata su mezzo cingolato semovente. L'utensile di perforazione utilizzato per il recupero dei terreni è stato un carotiere semplice del tipo T2 della lunghezza di 1,5 m e 3,0 m del diametro ( $\varnothing$ ) 101 mm, capace di estrarre carote con poco grado di disturbo del diametro di circa 86 mm. Il taglio dei terreni è avvenuto munendo il carotiere alla punta di una corona dentata con n. 14 punte "widia" ottagonali del tipo TC6. Le aste prolungo sono della lunghezza di 1,5 m e sono provviste di filettatura tronco-conica alle estremità con attacco maschio – femmina del diametro del 76 mm.

L'avanzamento in tutti i fori di sondaggio non ha reso necessario il rivestimento provvisorio con tubi metallici a recupero per mantenere in

equilibrio le pareti del foro. Durante la perforazione le carote estratte sono state riposte e quotate in apposite cassette catalogatrici scompartate la cui custodia è rimasta a carico della Committenza.

Si riportano le coordinate del foro d'indagine nel sito e la relativa profondità dal piano di calpestio che coincide con la quota bocca-foro :

	Latitudine	Longitudine	Profondità	Quota boccaforo
<b>S1</b>	38° 7'12.88"N	13°19'36.57"E	- 8,0 m	60 m slm



*Fig. 11 - Ubicazione del foro di sondaggio*

Durante il sondaggio sono stati eseguiti tests penetrometrici del tipo S.P.T. – *Standard Penetration Test*, a varie quote dalla bocca foro. Per le prove è stato utilizzato il campionatore Raymond munito di punta chiusa. La prova SPT si esegue durante la perforazione a fondo foro e consiste nel registrare il numero di colpi necessari per far penetrare di 45 cm nel terreno un tubo campionatore di dimensioni standard, collegato alla superficie mediante batteria di aste in testa sulle quali agisce un maglio del peso di 63.5 kg che cade liberamente da un'altezza di 0.76 m.

Durante la prova si misura:

- N1 = numero di colpi di maglio necessari a provocare l'avanzamento del campionatore per i primi 15 cm, assunti come tratto di “avviamento”;
- N2 = numero di colpi che provoca la penetrazione del campionatore nei successivi 15 cm;
- N3 = numero di colpi necessari per gli ultimi 15 cm di avanzamento.

Si assume come resistenza alla penetrazione il valore:

$$N_{SPT} = N2 + N3$$

Si sono utilizzate le seguenti attrezzature standard:

- Aste d'infissione del diametro esterno 50 mm e peso di 7 kg/m;
- testa di battuta di acciaio avvitata sulle aste;
- maglio di acciaio di 63.5 kg;
- dispositivo automatico che consente la caduta del maglio da un'altezza di 0.76 m;

- centratore di guida per le aste fra la testa di battuta e il piano campagna.
- campionatore standard (detto Raymond dalla società che lo ha introdotto per prima). Si tratta di un tubo carotiere avente diametro esterno di 51 mm, spessore 16 mm e lunghezza complessiva comprendente scarpa e raccordo alle aste di 813 mm chiuso alla base da una punta conica di diametro 51 mm, angolo 60°, che viene usata per i terreni ghiaiosi-sabbiosi.
- 

L'esecuzione di ogni prova è stata eseguita secondo le normative previste dall' *ISSMFE* reinterpretate con le norme *ASTM* quindi curando l'infissione preliminare di 150 mm senza che siano stati superati 50 colpi e poi misurando la resistenza alla penetrazione (N) con l' infissione vera e propria in una penetrazione di 300 mm, senza che per ogni tratto siano superati 50 colpi. Si è badato che la frequenza della battitura non superava 30 colpi al minuto.

**Tabella 1 - Valori  $N_{spt}$  ottenuti nel sondaggio S1**

Sondaggio	Profondità		Numero colpi		
	(m)	$N_{15}$	$N_{30}$	$N_{45}$	$N_{SPT}$
S1	2,7	7	6	5	11
S1	4,5	8	9	13	22
S1	5,8	14	13	21	34
S1	8,0	31	29	33	62

**Schema delle relazioni Nspt/Addensamento per terreni granulari**

<b>Nspt</b>	<b>Stato di addensamento</b>
0 - 4	Sciolto
4 - 10	Poco addensato
10 - 30	Moderatamente addensato
30 - 50	Addensato
>50	Molto addensato

**Schema delle relazioni Nspt/Consistenza per terreni coesivi**

<b>Nspt</b>	<b>Consistenza</b>
<2	Privo di consistenza
2 - 4	Poco consistente
4 - 8	Moderatamente consistente
8 - 15	Consistente
15 - 30	Molto consistente
>30	Estremamente consistente



Foto 1 – Posizionamento trivella sul foro di sondaggio n. 1 (S1)

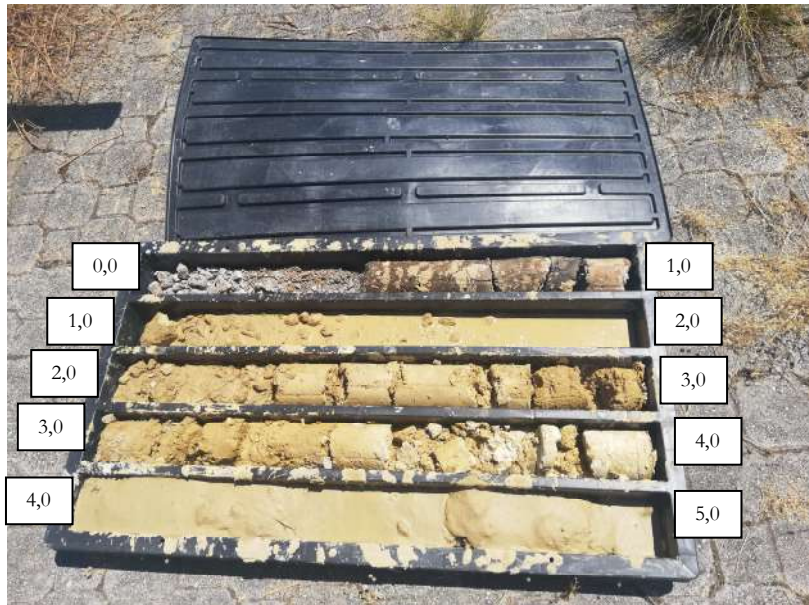


Foto 2 – Cassetta catalogatrice S1C1 da 0,0 m a 5,0 m

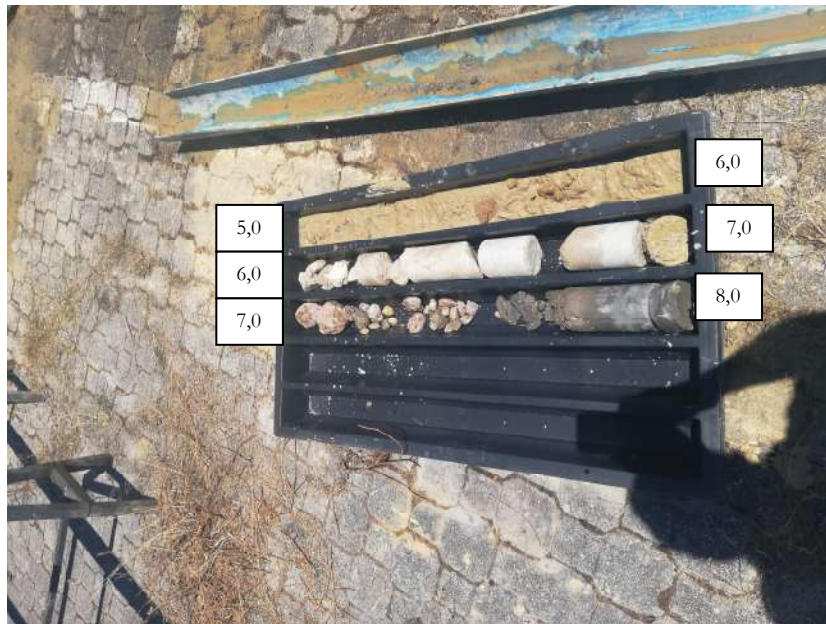


Foto 3 – Cassetta catalogatrice S1C2 da 5,0 m a 8,0 m

**Geoplus s.r.l.s.**  
Via Maria degli Angeli, 143  
Montemaggiore Belsito (PA)

**Località :** Palermo, Via Mazzarello-Via Perpignano

**Cantiere :** Rideterminazione urbanistica

**Committenza :** Jumbo Market srl

**Sondaggio :** Sond. 1

**Quota :** 0,00 - 8,00 m

**Data :** 09/2022

Profondità (m)	Spessore (m)	Scala 1:50	Colonna litostratigrafica 0,0 m bocca-foro	Descrizione della stratigrafia di sondaggio	Percentuale carotaggio	Quota falda	R.Q.D. (%)	Campione rimaneggiato	Campione indisturbato	S.P.T. (n. colpi)													
										Quota inizio prova	per 15 cm	per 30 cm	per 45 cm										
0,30				Pavimentazione e Terreni di riporto di sottofondo																			
1,00				Terre rosse residuali di colore marrone-rossastro costituite una matrice argillo-sabbiosa con elementi litoidi minuti di natura carbonatica sospesi																			
6,00				Calcareniti nodulari debolmente cementate di colore giallo, passanti a sabbie gialle addensate tra 4.0 e 5.5 m																			
7,00				Calclutite di colore bianco, lapidea																			
7,50				Arenaria giallo scura poco cementata disgregata nel carotaggio																			
8,00				Argilla sabbiosa di colore grigio scuro con tessitura scagliosa, molto consistente																			
<i>Utilizzo di doppio carotiere</i> dalla quota : 0,00 m alla quota : 0,00 m  dalla quota : alla quota :		<i>Utilizzo di corona diamantata</i> dalla quota : 0,00 m alla quota : 0,00 m  dalla quota : alla quota :		<i>Utilizzo di tubi di rivestimento</i> dalla quota : 0,00 m alla quota : 0,40 m  dalla quota : alla quota :		<i>Misure con freatimetro</i> data : quota :  data : quota :		<i>Cassette catalogatrici</i> <table border="1"> <tr> <td>C 1</td> <td>0,00</td> <td>5,00</td> </tr> <tr> <td>C 2</td> <td>5,00</td> <td>8,00</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>				C 1	0,00	5,00	C 2	5,00	8,00						
C 1	0,00	5,00																					
C 2	5,00	8,00																					



## **8. L'indagine geofisica eseguita: rifrazione e MASW**

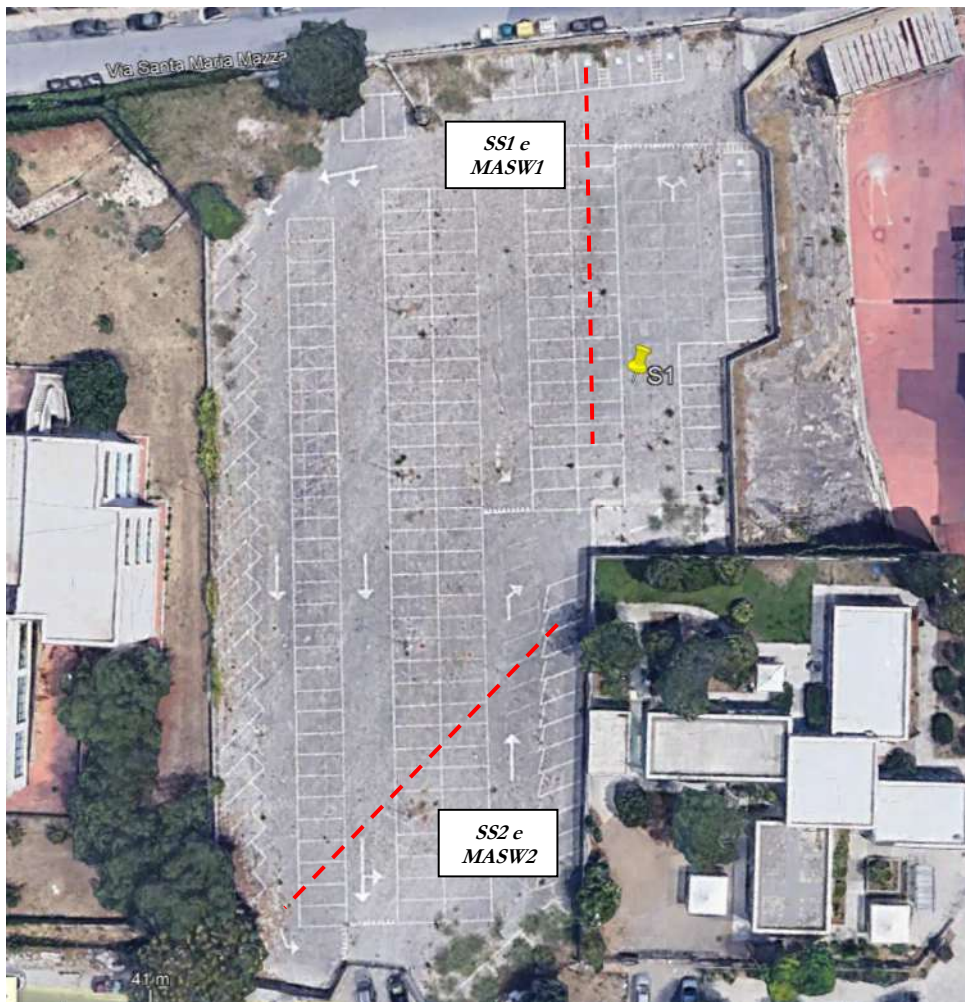
La campagna di indagine sismica è consistita nell'esecuzione di n. 2 un stese sismiche a rifrazione con interpretazione tomografica e con metodo Masw. Le stese sismiche sono state eseguite una trasversalmente all'altra. Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato il sismografo digitale DB280S a 24 canali della Dolang ad alta risoluzione, in grado di registrare i segnali provenienti da geofoni a componente verticale e di permettere, grazie ad un software di elaborazione interno, un rapido controllo della qualità della registrazione, consentendo un pro-processing preliminare dei dati in situ. Il sismografo in questione costituisce il componente fondamentale dell'apparato di acquisizione dei dati. Si tratta di uno strumento digitale a 24 canali ad alta risoluzione, una frequenza massima di campionamento di 100.000 Hz, un convertitore Analogico/Digitale a 24 bit, una velocità massima di campionamento pari 16 ms e una risoluzione di acquisizione a 24 bit, con sovracampionamento e post-processing.

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

Per l'energizzazione è stata utilizzata una mazza di battuta del peso di 9 kg, strumentata con interruttore starter, battente su una piastra metallica che è stata impiegata come dispositivo in grado di generare onde sismiche. I geofoni utilizzati sono del tipo verticale a 4,5 Hz.

Per quanto riguarda le modalità pratiche delle prospezioni effettuate, queste sono state eseguite disponendo lungo un allineamento di 36 metri

n. 12 geofoni verticali posti rispettivamente con una equidistanza di 3 metri. Gli scoppi sono stati realizzati sia all'esterno che all'interno dello stendimento.



*Fig. 11 bis – Ubicazione delle stese sismiche a rifrazione e MASW*

Le indagini di sismica a rifrazione consentono di interpretare la stratigrafia del sottosuolo attraverso il principio fisico del fenomeno della rifrazione totale di un'onda sismica che incide su una discontinuità, individuata fra due corpi aventi proprietà meccaniche diverse (orizzonte rifrattorio). La condizione fondamentale per eseguire studi di sismica a rifrazione è quella per cui la successione di strati da investigare sia

caratterizzata da velocità sismiche crescenti all'aumentare della profondità. In questo modo si possono valutare fino a 4 o 5 orizzonti rifrattori differenti. Le prove si basano sulla misura dei tempi di percorso delle onde elastiche per le quali, ipotizzando le superfici di discontinuità estese rispetto alla lunghezza d'onda  $\lambda$ , comunque, con deboli curvature, i fronti d'onda sono rappresentati mediante i relativi raggi sismici. L'analisi si avvale, poi, del principio di Fermat e della legge di Snell. Il principio di Fermat stabilisce che il raggio sismico percorre la distanza tra sorgente e rilevatore seguendo il percorso per cui il tempo di tragitto è minimo. Per tale principio, dato un piano che separa due mezzi con caratteristiche elastiche diverse, il raggio sismico è quello che si estende lungo un piano perpendicolare alla discontinuità contenente sia la sorgente che il ricevitore. La legge di Snell è una formula che descrive le modalità di rifrazione di un raggio sismico nella transizione tra due mezzi caratterizzati da diversa velocità di propagazione delle onde  $\lambda$ , equivalentemente, da diversi indici di rifrazione. L'angolo formato tra la superficie di discontinuità e il raggio sismico è chiamato angolo di incidenza  $\theta_i$  mentre quello formato tra il raggio rifratto e la superficie normale è detto angolo di rifrazione  $\theta_r$ . La formulazione matematica è:

$$v_2 \sin \theta_i = v_1 \sin \theta_r$$

Dove  $v_1$  e  $v_2$  sono le velocità dei due mezzi separati dalla superficie di discontinuità. Per  $v_1 > v_2$  si ha che  $\theta_i > \theta_r$  e la sismica a rifrazione non è attuabile poiché il raggio rifratto andrebbe ad inclinarsi verso il basso. Per  $v_1 < v_2$  si ha che  $\theta_i < \theta_r$  ed esiste un angolo limite di incidenza per cui  $\theta_r = 90^\circ$  ed il raggio rifratto viaggia parallelamente alla superficie di discontinuità. L'espressione che definisce l'angolo limite è:

$$\theta_i = \arcsin(v_1 / v_2)$$

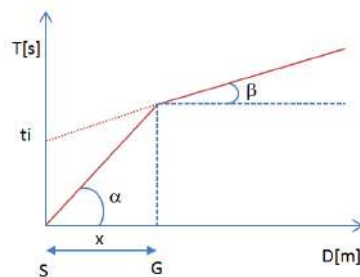
Il modo più semplice per analizzare i dati di rifrazione è quello di costruire un diagramma tempi-distanze in cui l'origine del sistema di riferimento è posto in corrispondenza della sorgente di generazione delle onde elastiche. In ascissa sono rappresentate le posizioni dei geofoni ed in ordinata i tempi dei primi arrivi. Ai geofoni più vicini alla sorgente giungono per primi gli impulsi che hanno seguito il percorso diretto in un tempo  $T$  dato dalla relazione

$$T = x_i / V_1$$

dove  $x_i$  è la distanza tra il punto di energizzazione e il punto di rilevazione. L'equazione precedente rappresenta una retta che passa per l'origine degli assi tempi-distanze e il suo coefficiente angolare consente

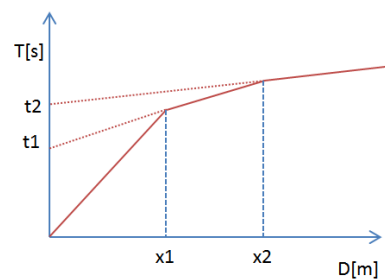
di calcolare la velocità  $V_1$  del primo mezzo come  $V_1 = 1 / \tan \alpha$

I tempi di arrivo dei raggi rifratti, nel diagramma tempi-distanze, si dispongono secondo una retta che avrà pendenza minore di quella delle onde dirette.



La curva tempi-distanze tende ad avere un andamento regolare secondo una spezzata i cui vertici sono i chiamati *punti di ginocchio* e rappresentano, fisicamente, la condizione in cui si verifica l'arrivo contemporaneo delle onde dirette e rifratte. Per ciascuno di segmenti individuati si determina,

dunque, il tempo di ritardo  $t_i$  che rappresenta la differenza tra il tempo che il raggio sismico impiega a percorrere un tratto alla velocità propria dello strato in cui si trasmette ed il tempo che impiegherebbe a viaggiare lungo la componente orizzontale di quel tratto alla massima velocità raggiunta in tutto il percorso di rifrazione. Graficamente il tempo di ritardo è dato dall'intersezione della retta che comprende un segmento della curva tempi-distanze con l'asse dei tempi.

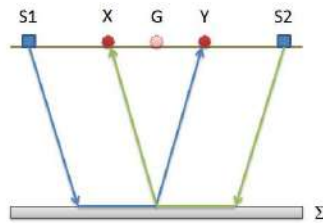


Infine, dalla conoscenza dei tempi  $t_i$  è possibile ricavare gli spessori dei rifrattori mediante la relazione:

$$h_{(i-1)} = \frac{V_{(i-1)}V_i}{2\sqrt{V_i^2 - V_{(i-1)}^2}} \left( t_i - \frac{2h_1\sqrt{V_i^2 - V_1^2}}{V_1V_i} - \dots - \frac{2h_{(i-2)}\sqrt{V_i^2 - V_{(i-2)}^2}}{V_1V_{(i-2)}} \right)$$

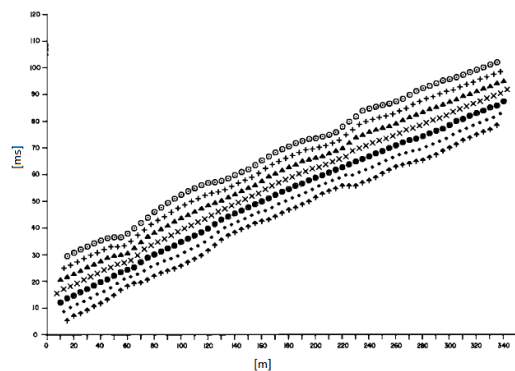
In situazioni morfologiche complesse può essere utilizzato come metodo di elaborazione il Metodo Reciproco Generalizzato (Generalized Reciprocal Method) discusso da Palmer nel 1980.

Il metodo è basato sulla ricerca di una distanza intergeofonica virtuale XY tale che i raggi sismici che partono da punti di energizzazione simmetrici rispetto allo stendimento, arrivino al geofono posto in posizione X e a quello posto in posizione Y provenendo da un medesimo punto del rifratore.



Il primo passo operativo è quello di costruire un diagramma tempi-distanze individuando nei sismogrammi ottenuti dai dati di campagna i primi arrivi delle onde sismiche. Per determinare la distanza XY ottimale è necessario considerare più punti di energizzazione tanto agli estremi quanto all'interno dello stendimento. Ciò permette di individuare con maggiore accuratezza i tempi relativi ad un medesimo rifratore utili a caratterizzare le dromocrone, fondamentali all'interpretazione. Nelle interpretazioni multi strato, la generazione delle dromocrone può sfruttare tecniche di phantoming per sopperire alla mancanza dei dati per alcuni rifrattori. Dalla costruzione delle dromocrone è possibile determinare **la funzione velocità** secondo l'equazione

$$T_v = \frac{T_{S_1Y} - T_{S_2X} + T_{S_1S_2}}{2}$$



dove TS1Y e TS2X sono i tempi di percorrenza dei raggi sismici per giungere, rispettivamente, dalla sorgente S1 ad X e dalla sorgente S2 ad Y mentre TS1S2 è il tempo di tragitto tra i due punti di scoppio S1 ed S2, esternamente simmetrici rispetto allo stendimento. Tv è il tempo calcolato su un geofono G posto tra X ed Y, non necessariamente coincidente con la posizione di un geofono dello stendimento.

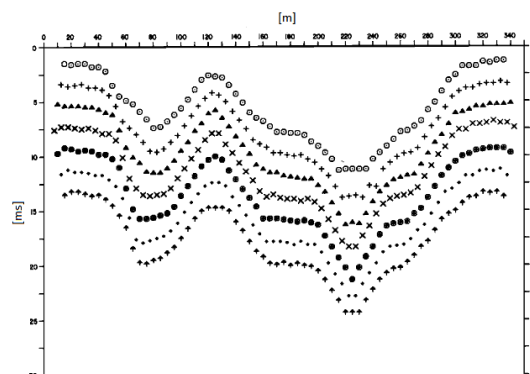
Il calcolo della funzione Tv viene eseguito per ogni valore di XY compreso tra zero e metà dello stendimento con variazione pari alla distanza reale tra i geofoni dello stendimento. La migliore retta di regressione delle funzioni velocità ottenute, permette di determinare l'XY ottimo e la velocità del rifrattore che è ricavata dal coefficiente angolare.

Per mezzo della **funzione tempo-profondità** è possibile trovare la profondità del rifrattore espressa in unità di tempo.

L'espressione di tale funzione è:

$$T_G = \frac{T_{S_1Y} + T_{S_2X} - \left( T_{S_1S_2} + \frac{XY}{V_n} \right)}{2}$$

Dove Vn è la velocità del rifrattore.



Analogamente a quanto avviene per la funzione velocità si determinano diverse funzioni tempo-profondità per l'insieme dei valori XY di studio.

Tra le funzioni trovate, quella che presenta la maggiore articolazione compete al valore di XY ottimo. Infine, è possibile determinare lo spessore del rifrattore in corrispondenza delle posizioni dei geofoni G mediante la relazione:

$$h = T_G \sqrt{\frac{V_n XY}{2T_G}}$$

h rappresenta la profondità minima dal geofono G dunque la morfologia del rifrattore è definita dall'involuppo delle semicirconferenze di raggio h. Uno dei principali vantaggi del G.R.M. è che il fattore di conversione della profondità è relativamente insensibile alle inclinazioni fino a circa 20°.

Per la determinazione delle velocità di propagazione delle onde sismiche secondarie (onde S) all'interno dei terreni che costituiscono i primi 30 metri di sottosuolo, secondo la normativa vigente (D.M. 17/01/2018 e ss.mm.ii.) si è scelta la **tecnica sismica di tipo MASW** che ha consentito la valutazione del parametro  $V_{Sequiv}$  ai fini della classificazione sismica del suolo di fondazione.

Quando un terreno viene sollecitato elasticamente, lungo l'interfaccia terreno-aria, si generano onde di Rayleigh attraverso l'interazione tra le onde di compressione P e le onde di taglio S. E' noto che la propagazione delle onde superficiali, nel caso di mezzi stratificati e trasversalmente isotropi, avviene in maniera diversa rispetto al caso di mezzi omogenei; non esiste più una unica velocità ma ogni frequenza è caratterizzata da una diversa velocità di propagazione a sua volta legata alle varie lunghezze d'onda. Queste interessano il terreno a diverse



profondità e risultano influenzate dalle caratteristiche elastiche, appunto variabili con la profondità. Questo comportamento è fondamentale nello sviluppo dei metodi sismici che utilizzano le onde di superficie.

Ovviamente le lunghezze d'onda più grandi corrispondono alle frequenze più basse e vanno ad interessare il terreno più in profondità; al contrario le lunghezze d'onda più piccole, poiché sono associate alle frequenze più alte, rimangono nelle immediate vicinanze della superficie. La velocità di propagazione delle onde di Rayleigh ( $V_r$ ) è pari a  $0,91V_s$  e ai fini pratici ciò si traduce nel fatto che misurando la  $V_r$  si ottiene la  $V_s$  con un errore di calcolo del tutto trascurabile. I metodi basati sull'analisi delle onde superficiali di Rayleigh forniscono una buona risoluzione e non sono limitati, a differenza del metodo a rifrazione, dalla presenza di inversioni di velocità in profondità. Inoltre la propagazione delle onde di Rayleigh, anche se influenzata dalla  $V_P$  e dalla densità, è funzione innanzitutto della  $V_S$ , parametro di fondamentale importanza per la caratterizzazione geotecnica di un sito secondo quanto previsto dalle recenti normative antisismiche.

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

La procedura si sviluppa in tre operazioni svolte in successione:

1. acquisizione multicanale dei segnali sismici, generati da una sorgente energizzante artificiale (maglio battente su piastra in alluminio), lungo uno stendimento rettilineo costituito da 24 geofoni ed una sorgente sismica;
2. estrazione del modo fondamentale dalle curve di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh (una curva per ogni acquisizione);
3. inversione delle curve di dispersione per ottenere profili verticali 1D delle VS (un profilo verticale posizionato nel punto medio di ogni stendimento geofonico).

I comuni metodi lineari forniscono, infatti, soluzioni che dipendono dal modello iniziale di partenza che l'utente deve necessariamente fornire; in altre parole, i metodi lineari hanno un'altissima probabilità di fallire indicando un modello errato della situazione reale.

Gli algoritmi evolutivi basati su metodologie di ottimizzazione di tipo "global search" (quali ad esempio gli algoritmi genetici) sono potenzialmente in grado di fornire indicazioni più complete e precise.

A differenza dei metodi lineari non è necessario fornire alcun modello di partenza. E' invece necessario definire uno "spazio di ricerca" all'interno del quale vengono valutate di-verse possibili soluzioni. Il punto di forza del programma "Easy Masw" è quello di fornire risultati molto più robusti rispetto a quelli possibili con altre metodologie. La soluzione finale viene infine proposta con anche una stima della sua attendibilità (deviazioni standard) ottenuta grazie all'utilizzo di tecniche statistiche.

Entrando nel merito della elaborazione, per la determinazione del profilo verticale della VS (e quindi la VSequiv) il primo passo riguarda la “Determinazione dello Spettro di Velocità” ed il “picking” della curva di dispersione. Successivamente si procede con la modellazione diretta o l’inversione della curva di dispersione interpretata dall’utente.

Una volta caricati i dati si procede con il calcolo dello spettro di velocità, e quindi si effettua il picking della curva di dispersione cioè la selezione dei punti che appartengono ad un certo modo di propagazione dell’onda superficiale. Successivamente, per ottenere il profilo verticale della VS, è necessario eseguire l’inversione della curva di dispersione precedentemente “piccata”.

L’inversione viene effettuata grazie all’utilizzo di una solida tecnica di ottimizzazione (algoritmi genetici) che richiede un notevole impegno delle risorse di calcolo del computer. La contropartita è una soluzione più affidabile e una stima dell’attendibilità del modello ricavato (deviazioni standard).

Grazie alle conoscenze stratigrafiche desunte tramite i sondaggi geognostici eseguiti, si è stabilita - per l’interpretazione dei dati acquisiti - una modellistica a 3 strati. Le curve di dispersione relative al sondaggio sismico eseguito è mostrata negli allegati di seguito.

Solo il modo fondamentale della curva è stato analizzato per la determinazione del parametro Vsequiv.

Le analisi del profilo sismico MASW ha permesso la definizione del modello 1D di velocità delle onde di taglio, localizzabili nei baricentri dello stendimento.

La profondità di penetrazione dell'indagine MASW è determinata dalla relazione tra velocità e frequenze rappresentate nella curva di dispersione. Strati più profondi influenzano, infatti, frequenze inferiori (lunghezze d'onda maggiori) e di conseguenza sarà la frequenza più bassa a determinare la massima profondità di penetrazione (da cui l'importanza di generare un segnale con una sufficiente quantità di energia anche alle frequenze più basse). Questo valore è determinato attraverso l'approssimazione  $\lambda/2.5$  ed è, quindi, chiaramente solo indicativo. Infatti, è bene precisare che, a causa della variazione dei parametri fisico - meccanici (porosità, contenuto d'acqua, grado di fratturazione, ecc.), non sempre gli spessori sismostratigrafici coincidono con gli spessori litologici. Alla fine del calcolo, per ogni sondaggio, viene fornita la VS media fino a 30 metri di profondità.

Le caratteristiche di acquisizione di entrambi i sondaggi eseguiti sono le seguenti:

Sondaggio	Lunghezza totale della stesa (m)	Numero geofoni (4.5 Hz)	Posizione Off set (m)	Posizione primo geofono (m)	Posizione ultimo geofono (m)	Equidistanza tra geofoni (m)
Masw1	39	12	+5	0	33	3

L'interpretazione del sondaggio Masw 1 ha mostrato un valore di  $V_{Sequiv30}$  pari a 510,85 m/s mentre la Masw 2 ha mostrato un valore di  $V_{Sequiv30}$  pari a 495,17 m/s.

In base alla classificazione dei terreni prevista dal Testo Unico per le costruzioni di cui al D.M. 17.01.2018 e successive modifiche e integrazioni, la **categoria del suolo di fondazione** risulta essere di tipo

**“ B ”** , ossia: *“Depositi di terreni a grana grossa addensati o terreni a grana fine consistenti caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s”*.

Nelle schede allegate nelle pagine successive si sintetizzano i risultati delle indagini sismiche e MASW eseguite.



Foto 1 – Momenti di acquisizione sismica SS1 e MASW1



Foto 2 – Momenti di acquisizione sismica SS2 e MASW2

## **7.0 Proprietà lito-tecniche dei terreni di sedime**

Il quadro stratigrafico e fisico-meccanico dei terreni indagati ha delineato con chiarezza l'assetto dei luoghi.

Dalla stratigrafia dei sondaggi geognostici e dal responso delle stese sismiche si è appreso che sui luoghi insiste una fascia di terreni di riporto utilizzati per regolarizzare la porzione superficiale dei terreni prima di procedere alla posa dell'asfalto dello spessore di circa un metro di cui circa 50 cm sono costituiti da un misto granulometrico calcareo di sottofondo e circa 50 cm da sterro argilloso sabbioso con breccie calcarenitiche sospese. Nel dettaglio quindi il complesso dei riporti è da considerare un deposito "eterogeneo", con marcata anisotropia geotecnica e discontinuità petrografica, per l'alternanza irregolare sia in senso orizzontale che verticale della matrice limo sabbiosa o sabbio-argillosa di colore variabile dei toni del marrone rossastro, con breccie calcaree a più altezze stratigrafiche. Volendo fornire una caratterizzazione geomeccanica di questi depositi antropici, si è fatto riferimento a dati bibliografici e da elementi ricavati dalla sismica eseguita. Per l'orizzonte di terreno di riporto "TR" presente fino ad un massimo di -1,0 m possiamo suggerire i seguenti intervalli di grandezze indici:

- ◆ peso di volume ( $\gamma$ ) = 18,0 – 19,0 KN/mc
- ◆ coesione ( $c'$ ) = 0,00 KPa
- ◆ angolo d'attrito interno ( $\phi'$ ) = 26 - 28 gradi

Altra parametrizzazione di riferimento è :

- modulo elastico di Young (E) = 30-40 MPa
- modulo edometrico (Eed) = 30-50 MPa

- modulo di deformazione di taglio (G) = 100-120 MPa
- modulo di Poisson ( $\nu$ ) = 0,40 - 0,35

Al di sotto della fascia dei terreni di riporto sopra descritti, si raggiunge fino a circa 7,0 m dal p.c. il **complesso delle sabbie e calcareniti bioclastiche** pleistoceniche, ben rappresentate nel tavolato palermitano. I terreni campionati durante i sondaggi dal punto di vista geologico, sono costituiti da “strati di calcarenite debolmente cementata a tratti ben cementata alternata in modo irregolare a letti di sabbie addensate con presenza di noduli calcarenitici” di colore giallastro talora biancastro costituenti uno strato debolmente vergente verso nord-ovest con inclinazione di circa 4°-5°. Tra 6,0 m e 6,80 m si è rinvenuto un trovante calcilutitico biancastro ben cementato. Nonostante l’eteropia di facies che il complesso calcarenitico presenta localmente, coerentemente con la storia deposizionale, le caratteristiche dei terreni sono buone con ottima capacità di ospitare carichi indotti da strutture. Com’è noto i processi sedimentari che hanno dato luogo alla creazione di litofacies calcarenitico-sabbiose sedimentatesi nel corso delle ultime vicende geologiche hanno caratterizzato una certa variabilità sotto l’aspetto composizionale, tessiturale e diagenetico, correlabili alle modificazioni, anche repentine, del quadro idrografico e morfologico della zona di deposito. All’interno del deposito della piana di Palermo sono state infatti riconosciute (Jappelli et al,1981; Valore, 2000) almeno dodici varietà di rocce con differenti proprietà fisiche e macrostrutturali e con caratteristiche meccaniche che vanno da quelle tipiche dei materiali incoerenti a quelle delle rocce lapidee del tipo “tenero”, ossia fino a circa



15-20 MPa (150-200 kg/cmq) di resistenza uniassiale. Nelle verticali indagate nell'ambito del presente studio, adottando la medesima classificazione in uso nella letteratura geotecnica, è stata riconosciuta una calcarenite a grana fine e media denominata "CL" frammista a livelli sabbiosi (CS). La permeabilità risulta elevata. Nella calcarenite riscontrata in cantiere afferente alla tipologia "CL" i clasti sono prevalentemente litoidi costituiti da frammenti di rocce carbonatiche e subordinatamente silicee e da grani monocristallini di sparite e di quarzo ed, in quantità minore, da bioclasti. La porosità in generale risulta bassa (6-8%), da analisi specifiche pregresse, gli indici di Kahn (Packing Density e Grain Contact) indicano che la struttura della calcarenite è prevalentemente dovuta al *bonding*, cioè ai legami interparticellari pre e post-genetici (legami elettrochimici ecc...).

Volendo dare una descrizione del comportamento meccanico di questi terreni che oggi rappresentano l'obiettivo dello studio, si riportano valori tratti dalla bibliografia accademica ma soprattutto valori tratti dall'interpretazione delle prove SPT eseguite. Nei paragrafi precedenti si sono riportati i valori misurati, mentre in allegato è riportata schematicamente l'interpretazione dei risultati secondo vari autori. Nota importante è inoltre che durante tutta la perforazione il foro non è stato condizionato con tubazione provvisoria di rivestimento per il mantenimento della verticalità evitando il franamento delle pareti.

Volendo fornire una parametrizzazione geotecnica rappresentativa per l'ammasso calcarenitico sabbioso nella sua interezza si suggeriscono i seguenti Intervalli di valori fisico-meccanici :

- ◆ Angolo d'attrito interno ( $\phi'$ ) : 35° - 43°

- ◆ Coesione ( $c'$ ) : 0,0 – 3,0 t/mq
- ◆ Peso di volume ( $\gamma$ ) : 19 - 20 KN/mc
  
- ◆ - modulo elastico di Young ( $E$ ) = 100 - 200 MPa
- ◆ - modulo edometrico ( $E_{ed}$ ) = 100 - 150 MPa
- ◆ - modulo di deformazione di taglio ( $G$ ) = 200 - 300 MPa
- ◆ - modulo di Poisson ( $\nu$ ) = 0,30 – 0,35
- ◆ Resistenza a compress. ( $\sigma_r$ ) = 5 - 10 MPa (ove lapidea)
- ◆ Spessore: oltre 30 m
- ◆  $N_{SPT}$ : = 30-35 (a volte anche 50-60)
- ◆ Coeff. di Winkler ( $k$ ) = 4 - 8 kg/cmc

Calcolando un valore di  $N_{spt}$  medio sull'intero spessore del complesso calcarenitico si è ottenuto circa 30 colpi, facendo riferimento alla tabella interpretativa sottostante emerge che i termini ricadono sostanzialmente nell'ambito "mediamente addensata", cui competono valori di densità relativa di circa 80 % e riferendosi ai diagrammi riportati nella letteratura elaborati da vari autori corrisponde un angolo d'attrito interno tra 35 e 40 gradi.

*Tabella interpretativa di riferimento per terreni sciolti (da Terzaghi e Peck, 1948)*

Resistenza alla penetrazione ( $N_{colpi}/305$ mm)	Densità relativa
0 - 4	Molto poco densa
4 - 10	Scarsamente addensata
10 - 30	Mediamente addensata
30 - 50	Densa
> 50	Molto densa

## **8. Comportamento geologico-sismico dei depositi**

Definire i modelli di comportamento dei materiali superficiali che possono costituire possibili piani di posa di sistemi fondali, in chiave sismica, significa trattare di una problematica di notevole interesse nell'ambito di ricerche di carattere geologico-tecnico e geofisico applicate all'Ingegneria. Determinare il comportamento di un litotipo, vale a dire la risposta a sollecitazioni costanti o variabili nel tempo, significa definire le relazioni sforzo-deformazioni sue caratteristiche, tramite i moduli elastici e i moduli di taglio. In particolare, in un contesto di prevenzione da rischio sismico, di notevole importanza è la valutazione della "Risposta sismica locale", che consiste nel definire come i terreni più superficiali d'interesse ingegneristico, rispondono alle sollecitazioni prodotte da un evento sismico, modificandone le caratteristiche spettrali, nel senso di amplificazioni e/o attenuazioni in termini di ampiezze delle onde. Da tali modifiche, è noto, dipendono i maggiori danni alle strutture durante una scossa di terremoto, poiché la vulnerabilità di un edificio è funzione oltre che della durata e dell'intensità della sollecitazione, principalmente dall'ampiezza delle onde di taglio. L'assetto litostratigrafico locale del sito investigato, e comunque di gran parte dell'intero territorio, non rappresenta, da questo punto di vista, una tipica "situazione geologica a rischio", poiché sono poche le aree dove si verifica la possibilità che si abbiano fenomeni di amplificazioni o risonanze dei sistemi terreno-strutture.

La ricostruzione della successione litostratigrafica dedotta dagli studi effettuati, prevede una alternanza di materiale sciolto o parzialmente lapideo su un substrato argilloso a comportamento non litoide ma molto

compatto oltre una certa profondità non rinvenuta entro 30 m dal p.c. Una tale situazione geolitologica nonché geomeccanica, fa sì che uno sciame sismico che percorre lo strato litoide (basamento con  $V_s > 800$  m/sec), presenta delle velocità delle onde sismiche di taglio abbastanza elevate, ma tutte le onde vengono attenuate secondo una ben determinata legge di attenuazione (resta sempre valida la regola generale che i danni prodotti e quindi la distribuzione degli effetti, sono funzione inversa alla distanza dalla sorgente e dal meccanismo di liberazione dell'energia).

Viceversa i terreni sciolti più superficiali, a differenza del basamento litoide che ha una risposta elastica alle sollecitazioni, tendono ad avere un comportamento visco-elastico, e quindi attenuano certe frequenze, mentre ne amplificano altre.

Al tal fine sull'area è stata condotta una triplice verifica, anche avvalendosi di altri dati in possesso dello scrivente acquisiti per altri lavori in zona, per l'ottenimento della  $V_s$  per il metodo speditivo della verifica della categoria del suolo di fondazione in ottemperanza a quanto prevede il D.M. 17.01.2018, ed in particolare :

- rilievi con sismica a rifrazione secondo il metodo MASW;
- rilievi con misura della  $V_{S30}$  sulla base di  $N_{spt\ 30}$  ;
- rilievi di microtremore ambientale con tromografo digitale eseguiti viciniori;

Dal raffronto delle tre metodologie si è ottenuto :

- con il metodo MASW, una velocità delle onde di taglio di prossima a 500 m/sec con la velocità equivalente prevista nelle

NTC 2018, che rientra comunque nell'intervallo di velocità “360 – 800 m/sec” consono alla categoria del suolo di tipo “B”;

- con la media sui dati di  $N_{\text{spt}30}$ , come prevedevano le NTC2008, ottenendo un valore medio complessivo di  $V_{\text{N}_{\text{spt}30}} = 73$  colpi, mediando i dati ottenuti a varie profondità di sondaggi eseguiti dallo scrivente molto vicini alla zona e comparabili, quindi maggiore di 50 (essendo i terreni del tipo granulare), valore che rientra nella categoria del suolo di tipo “B”;
- con la misura del microtremore ambientale “noise” mediante il metodo HVSR, che in misure eseguite dallo scrivente viciniori ha dato una velocità equivalente sui 30 m tra 400 e 650 m/sec, velocità che rientrano nell'intervallo di velocità “360 – 800 m/sec” consono alla categoria del suolo di tipo “B”;

In breve gli studi microzonazione sismica eseguiti con varie metodologie sono risultati confrontabili ed hanno confermato il valore di  $V_{\text{Sequiv}}$  compreso tra “360 – 800 m/sec” consono alla **categoria del suolo di tipo “B”** come descritto per gli studi semplificati che fanno riferimento al D.M. 17.01.2018 o meglio non si sono riconosciuti depositi di materiale sciolto con spessori prossimi a 5 m soggiacente su termini molto consistenti con velocità della  $V_s$  maggiori di 800 m/sec.

**Il coefficiente di amplificazione topografica sarà “T1”.**

### 8.1 Potenziale di liquefazione

In senso stretto ‘liquefazione’ è lo stato fisico in cui può venire a trovarsi un terreno sabbioso saturo quando la sua resistenza al taglio si riduce

drasticamente per effetto dell'incremento e dell'accumulo delle pressioni interstiziali. In senso ampio con il termine 'liquefazione' si indicano differenti fenomeni fisici (liquefazione ciclica, mobilità ciclica, fluidificazione) molto diversi tra loro, osservati nei materiali granulari saturi durante l'applicazione di carichi dinamici e ciclici in condizioni non drenate. Un terreno granulare saturo è costituito da un insieme di grani a contatto tra loro e da acqua interstiziale. La resistenza è di tipo frizionale, dipende solo dalla tensione media di contatto  $(\sigma')$  e può essere espressa ad es. dalla relazione di Mohr-Coulomb:

$$\tau = \sigma' \operatorname{tg}\phi' = (\sigma - u) \operatorname{tg}\phi' \quad (\sigma: \text{tensione totale}; u: \text{pressione interstiziale}).$$

Durante lo scuotimento sismico (carico dinamico e ciclico) si realizzano condizioni non drenate perchè l'acqua rimane intrappolata nei vuoti e la pressione interstiziale varia di  $\Delta u$  con conseguente variazione della resistenza al taglio:  $\tau = \sigma' \operatorname{tg}\phi' = (\sigma - u - \Delta u) \operatorname{tg}\phi'$ . Se la deformazione di taglio  $\gamma$  indotta dalla sollecitazione è maggiore di  $\gamma_w$ , la  $\Delta u$  media è progressivamente crescente e la resistenza al taglio può ridursi drasticamente fino ad annullarsi (per  $\Delta u = \sigma'$  iniziale) e il terreno tende a comportarsi come un fluido viscoso. Prima dello scuotimento sismico un generico elemento di volume all'interno di un deposito è soggetto, rispettivamente sui piani orizzontale e verticale, agli sforzi normali efficaci  $\sigma'_v$  e  $\sigma'_h$  nonché ad eventuali sforzi di taglio  $\tau_D$  (driving stresses) parte della resistenza disponibile in  $\sigma'_v$  e  $\tau_D$ , parte della resistenza disponibile in direzione orizzontale e verticale è mobilitata per contrastare gli sforzi di taglio  $\tau_D$ .

Durante il terremoto l'elemento di volume è soggetto a sforzi di taglio aggiuntivi alternati  $\tau_{cyc}$ . Tali sforzi inducono nei terreni sciolti la tendenza ad una diminuzione di volume che, essendo impedita (condizioni non drenate), genera un incremento della pressione interstiziale, la degradazione della rigidità e deformazioni sempre più elevate poi gli sforzi efficaci (e resistenza) si riducono fino ad annullarsi quindi il terreno si comporta come un fluido viscoso.

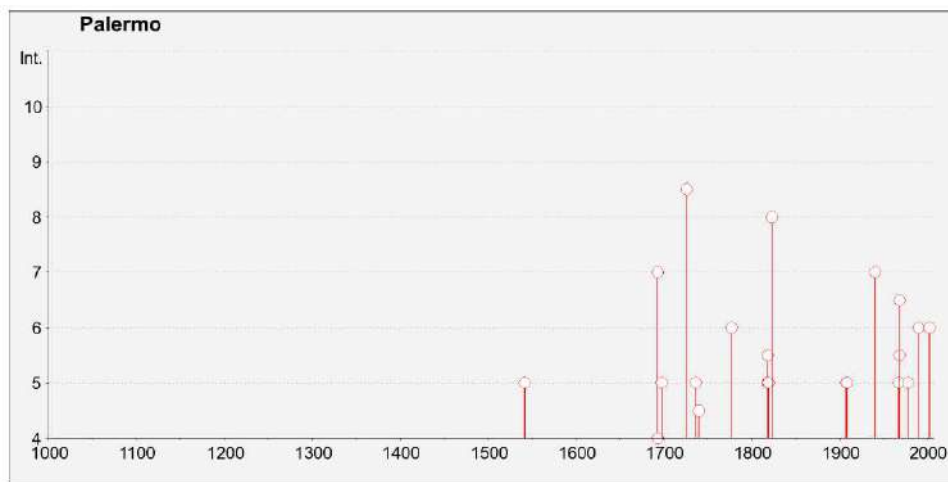
In base al D.M. 17.01.2018 la liquefazione si può escludere qualora sia verificata almeno una delle seguenti condizioni:

1. *Eventi sismici di magnitudo inferiore a 5 ;*
2. *Accelerazioni massime al p.c. in condizioni free-field minori di 0,1 g ;*
3. *Profondità media stagionale della falda superiore ai 15 m dal piano campagna (per p.c. suborizzontale e strutture con fondazioni superficiali) ;*
4. *Sabbie pulite caratterizzate da  $(N1)_{60} > 30$  oppure  $q_{c1N} > 180$ , essendo (N ) rispettivamente  $(N1)_{60}$  e  $q_{c1N}$  rispettivamente il valore del numero di colpi da SPT e della resistenza di punta da CPT, normalizzati e corretti ;*
5. *Distribuzione granulometrica esterna a determinate fasce critiche.*

Sulla base delle analisi condotte e parametrize a quanto descritto nel D.M. 17.01.2018, il tratto potenzialmente liquefacibile non si materializza poichè non si tratta di sabbie pulite omogenee ma di una trasposizione prudenziale dell'alternanza calcarenite tenera/sabbia addensata.

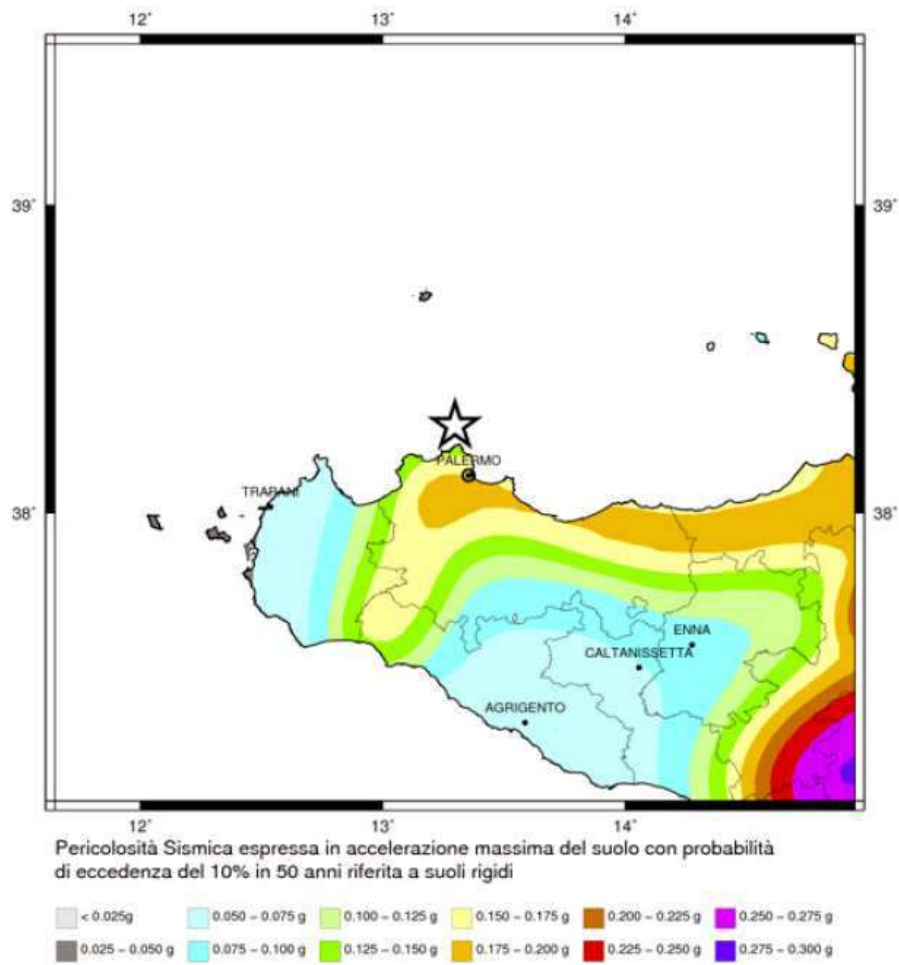
Allo stesso modo, essendo i terreni saturi oltre i 15 m dal p.c. (anzi non essendo presente falda) , ed essendo la zona di Palermo interessata da numerosi terremoti di intensità generalmente non molto elevata ma comunque (secondo il catalogo storico CPTI11 con magnitudo di

intensità massima raggiunta di circa 5.6, o anche pari a circa 6.5 - la figura sottostante riporta la storia sismica di Palermo), l'area in oggetto risulta a pericolosità medio-alta, come tutta la Sicilia settentrionale. Va ricordato che la zonazione sismogenetica alla base della carta di pericolosità tiene conto principalmente dei terremoti storici e potrebbe risentire della carenza di informazioni sulla sismicità a mare, che invece emerge chiaramente dai dati strumentali degli ultimi 20-30 anni.



*Fig. 12 - Terremoti storici della città di Palermo*





*Fig. 13 - Pericolosità sismica della fascia settentrionale della Sicilia*

## **9. Caratterizzazione terreni ai sensi circ. AA.TT. n.3/20.6.14**

In osservanza a quanto previsto nella circolare AA.TT.AA. n. 3 del 20.06.2014, in assenza di una vera e propria microzonazione sismica locale, l'area in studio è stata indagata attraverso l'elaborazione dati ottenuta dall'esecuzione di rilievi sismici eseguiti i cui risultati si riportano in allegato, con l'ottenimento della misura della velocità delle onde sismiche longitudinali ( $V_p$ ) e trasversali o di taglio ( $V_s$ ), ed ottenimento anche dei valori di  $V_{Sequiv}$  necessari al riconoscimento della tipologia e della categoria del suolo di cui alla D.M. 17.01.2018.

A complemento del lavoro svolto si sono allegate alla relazione le seguenti carte tematiche :

- Carta geolitologica (scala 1:2.000);
- Carta geomorfologica (scala 1:2.000);
- Carta idrogeologica (scala 1:2.000);
- Carta litotecnica (scala 1:2.000);
- Carta delle pericolosità geologiche (scala 1:2.000);
- Carta delle maggiori pericolosità sismiche (scala 1:2.000);
- Carta delle indagini (1:500)
- Carta delle suscettività d'uso all'edificazione (1: 2.000)
- Schede interpretative delle prove eseguite;
- Sezione geologica.

## **10. La cartografia prevista al D.A. n. 120 del 14.07.2021**

### 10.1 La carta geolitologica

La carta geologica in allegato risulta monotematica con unico litotipo afferibile al Complesso delle calcareniti bioclastiche di tipo giallo alternate a sabbie calcarenitiche del pleistocene presente con un pacco di circa 7 m passante al complesso argilloso numidico con argille scure scagliose consistenti poi molto consistenti. Lo spessore di terreno di riporto presente di circa un metro è geologicamente trascurabile.

Le emergenze rilevate sono di modesta entità e non rappresentano un ostacolo a quanto richiesto.

Riguardo quanto riportato nelle note del Dipart. della Protezione Civile si precisa che l'area è una zona stabile con substrato sovraconsolidato, non è interessata da potenziale liquefazione non potrebbero aversi cedimenti differenziali allo stato attuale, non sono presenti cavità o forme carsiche o cave sotterranee, non vi sono aree di deformazione dovute a faglie attive e/o capaci, non è area di fondovalle, non è una falda detritica, non è conoide alluvionale né area con cavità sepolte, non è orlo di scarpata morfologica con dislivello maggiore di 20 m, non è orlo di terrazzo fluviale con dislivello tra 10 e 20 m o oltre 20 m, non è cresta di versante, né scarpata sepolta, né valle sepolta stretta o larga.

### 10.2 La carta geomorfologica

L'analisi della carta geomorfologica riportata in allegato non evidenzia frane in atto né movimenti lenti e superficiali dovuti alla mancata regimazione delle acque piovane. La struttura geologica del sub-strato ha caratteristiche tali da non creare turbative all'azione antropica in progetto

se si osserveranno i criteri del buon costruire suggeriti nei precedenti paragrafi. L'area ha una tipica evoluzione morfologica gestita dalle acque d'infiltrazione e superficiali, con assenza di segni evolutivi per la diffusa presenza del tessuto urbano. La zona dove è ubicato il lotto non è un'area di fondovalle, ed è ben lontana da pericolosità di esondazione per l'assenza di alvei sia per la realizzazione della viabilità e poi ancora le urbanizzazioni primarie presenti nella zona. Si conclude pertanto che non sussistono problematiche in atto o potenziali che possono influenzare negativamente l'insediamento a patto che vengano rispettate le prescrizioni riportate nei precedenti paragrafi.

Unica criticità che NON condiziona assolutamente il lotto di terreno è la presenza in corrispondenza del lato N-NE di un vincolo per la presenza di cave storiche o cavità in una modesta presente nel PRG vigente ma NON nella cartografia del PAI. La presenza delle cave o cavità è stata verificata con le indagini eseguite escludendone assolutamente la presenza. porzione una scarpata con angolo di declivio prossimo a 35 gradi per una lunghezza di circa 60 m che, per la realizzazione del centro commerciale LIDL è stata sistemata con la posa di una rete chiodata e un getto di cls semplice per evitare l'evoluzione per erosione.

Per ulteriore chiarezza si riporta anche una vista tratta da Google sull'area e l'odierna sistemazione dopo la realizzazione di LIDL per escludere ogni altra criticità nell'area.



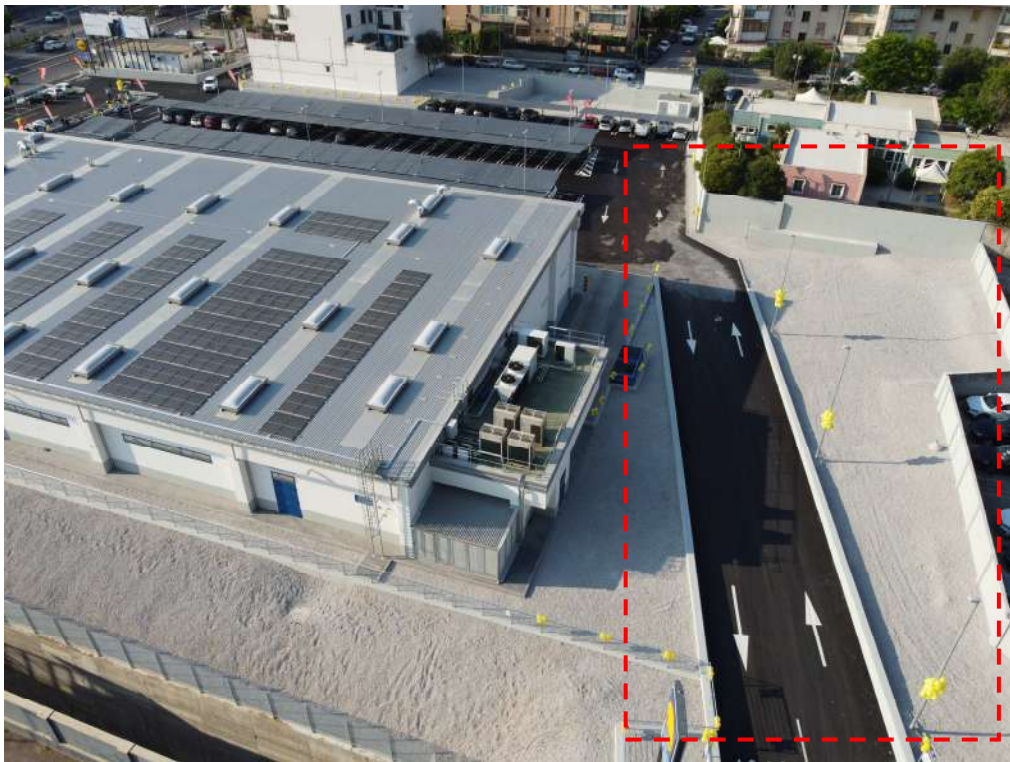
*Fig. 14 - La scarpata in corrispondenza dell'area LIDL sul fronte N-NO  
PRIMA DELLA SISTEMAZIONE*



*Fig. 15 - Sistemazione attuale della scarpata sull'area LIDL nel fronte N-NO*



*Fig. 15/a - Sistemazione attuale della scarpata sull'area LIDL nel fronte N-NO*



*Fig. 15/b - Sistemazione attuale della scarpata sull'area LIDL nel fronte N-NO*

Pertanto l'edificazione NON risulta condizionata perché con il riempimento costipato la scarpata preesistente è stata completamente eliminata.

### 10.3 La carta idrogeologica

La carta idrogeologica in allegato riporta le porzioni di territorio pertinenti a quanto richiesto. Le caratteristiche idrogeologiche dei termini presenti nell'area in studio sono diversificate in funzione delle caratteristiche intrinseche che assume il litotipo sia in superficie che in profondità. Come evidenziato nei lineamenti geologici, l'area oggetto della presente indagine ricade su terreni di riporto recenti di modesto spessore utilizzati per la sistemazione dell'asfalto sulle calcareniti e sabbie pleistoceniche.

Questi ultimi sedimenti costituiscono il principale acquifero dell'area indagata; si tratta di sedimenti dotati di permeabilità primaria del tipo per porosità con grado di permeabilità da medio ad alto ( $10^{-7} < K < 10^{-4}$  m/sec) e dove sono presenti gli orizzonti calcarenitici cementati la permeabilità è del tipo secondario per fessurazione e fratturazione con grado di permeabilità alto ( $10^{-1} < K < 10^{-2}$  m/sec) e con una evoluzione della permeabilità verticale in senso crescente. Sono caratterizzati da frequenti eteropie sia in senso orizzontale, che verticale. Tali variazioni determinano dei locali aumenti o delle locali diminuzioni alla filtrazione, talora fino quasi all'annullamento, nel grado di permeabilità se la percentuale di materiale fine supera il 50% nella classazione granulometrica del campione. I terreni di riporto soprastanti, sono sedimenti dotati di porosità primaria medio alta, del tipo per porosità,

grado di permeabilità da medio ad alto ( $10^{-5} < K < 10^{-3}$  m/sec ,  $K > 10^{-2}$ ) e con una evoluzione verticale della permeabilità in senso crescente. Sono caratterizzati da frequenti eteropie sia in senso orizzontale, che verticale. Tali variazioni determinano dei locali aumenti o delle locali diminuzioni, talora fino all'annullamento, nel grado di permeabilità.

Lo spessore della coltre di riporto è limitata a 1,0 m quindi trascurabile.

La vulnerabilità della falda, se verranno garantiti gli standard sanitari, sarà bassa, nota la tipologia di attività da svolgere anche per la presenza della fognatura dinamica comunale dove convogliare eventuali reflui domestici. Nell'area non vi sono sorgenti o altre emergenze idriche. Non vi sono comunque aree sottoposte a regimi di salvaguardia secondo quanto previsto al D.P.R. 236/88 oggi art. 94 del D.lvo 152/06.

#### 10.4 La carta litotecnica

La carta litotecnica in allegato riporta una classificazione dei sedimenti secondo quanto previsto alla circolare assessoriale AA.TT.AA. n. 3/2014, all'allegato "D". E' stata così distinta una unità litotecnica in base alle caratteristiche fisico-meccaniche sia della coltre di coltre superficiale che del sub-strato.

- COPERTURA : terreni di riporto, presenti fino ad un massimo di 1,0 m dal p.c. quindi trascurabili.

- SUBSTRATO : si tratta di un'alternanza irregolare sia verticale che orizzontale di calcareniti bioclastiche da poco a mediamente cementate a sabbie addensate; dal punto di vista litotecnico il comportamento generale dell'ammasso è "incoerente" e secondo lo schema della circolare si identifica con la dicitura "F1".



Si rimanda ai paragrafi precedenti per quanto riguarda la parametrizzazione geotecnica delle terre.

#### 10.5 La carta delle pericolosità geologiche

La carta delle pericolosità geologiche è una carta di sintesi che tiene conto delle particolarità esposte nelle precedenti cartografie. In essa non sono state individuate pericolosità dovute alla presenza di erosione libera e/o concentrata o per frana in atto o per alluvionamento. In generale NON sono state individuate vulnerabilità che possono compromettere la determinazione delle scelte di pianificazione urbanistica generale, specie per quella odierna di parcheggio, e di dettaglio. L'area non ricade in area PAI. L'area risulta stabile e sicura.

#### 10.6 La carta delle pericolosità sismiche

La carta delle maggiori pericolosità sismiche riporta la presenza di terreni di riporto di trascurabile spessore e significatività sulle calcareniti e sabbie bioclastiche che già da 7/8 m soggiacciono sulle argille numidiche grigio scure, scagliettate e consistenti che comunque non posseggono velocità delle onde di taglio superiori a 800 m. L'unità litologica non è quindi omogenea nei primi 30 m dal p.c. Si tratta di "sedimenti a grana grossa e media" a comportamento "incoerente"; i terreni non sono in falda e non sono liquefacibili. Le emergenze rilevate sono di modesta entità e non rappresentano un ostacolo all'intervento. Riguardo quanto riportato nelle note del Dipart. della Protezione Civile si precisa che l'area è una zona stabile con substrato sovra consolidato, non è interessata da potenziale liquefazione ma sono possibili cedimenti

differenziali nei terreni, non vi sono aree di deformazione dovute a faglie attive e/o capaci, il litotipo non è unico quindi la zona non è sismicamente omogenea ma non vi sono possibilità di fenomeni di amplificazione sismica, non è area di fondovalle, né falda detritica, né conoide alluvionale né area con cavità sepolte, non è orlo di scarpata morfologica con dislivello tra 10 o 20 m o maggiore di 20 m tranne su un breve tratto di 60 m di cui già parlato e condizionato, non è orlo di terrazzo fluviale con dislivello tra 10 e 20 m o oltre 20 m, non è cresta di versante, né scarpata sepolta, né valle sepolta stretta o larga.

Si rimanda alla scheda in allegato per le specifiche ed i riferimenti dei moduli sismici dinamici ottenuti.

#### 10.7 La carta delle indagini

A supporto dello studio di seguito sono stati eseguiti n. 2 rilievi sismici e n. 1 sondaggio geognostico di cui descritto le metodologie ed i risultati nei paragrafi precedenti. In allegato le cartografie con l'ubicazione delle indagini.

#### 10.8 La carta della suscettività all'uso dell'edificazione

L'area risulta stabile e sicura e non si sono riconosciute criticità che possono comportare inibizioni o solamente condizionamenti alla vocazione attuale di parcheggio, che si vuole mantenere, ma non si riconoscono criticità neanche per qualsiasi tipo di edificazione se non il ricorso a corrette pratiche edili. Si conclude per l'area una **SUSCETTIVITA' D'USO NON CONDIZIONATA.**

#### 10.9 La carta di sintesi per la pianificazione generale

L'area in studio è stata riconosciuta, a seguito delle indagini approfondite eseguite sia dirette che indirette, come a suscettività d'uso non condizionata tanto da aver individuato la categoria del suolo prevista nella normativa sismica in relazione agli spessori ed alle caratteristiche litologiche dell'area. Nell'area non si sono riconosciute problematiche geologiche. Al fine di limitare gli impatti dei processi di urbanizzazione, pur non essendo previste lavorazioni quanto richiesto, particolare attenzione si è rivolta al sistema di drenaggio delle acque piovane che insistono nell'area. Non si sono definite misure di salvaguardia particolari poiché la trasformazione da superficie permeabile a superficie semi-permeabile, noto l'utilizzo della pavimentazione drenante mediante betonelle non comporta un residuo di acque piovane al termine dell'evento piovoso poiché la differenza tra coefficienti d'infiltrazione è trascurabile e non in grado di determinare potenziali crisi idrauliche sulla rete esistente.

#### 10.10 La carta delle prescrizioni esecutive

Non si prodotta una "Carta delle prescrizioni esecutive" poiché non sono state riscontrate criticità che possano determinare pericolosità geologiche poiché non sono previste lavorazioni in generale nè scarichi inquinanti.

## **11. Il principio dell'Invarianza idraulica**

L'Invarianza Idraulica ha come oggetto la valutazione della compatibilità tra la trasformazione urbanistica che si intende condurre in una porzione del territorio e l'ambito idraulico esistente. Il comune di Palermo, con l'Ordinanza Sindacale n. 10 del 28.01.2019, precisava che il rilascio di un titolo abilitativo edilizio finalizzato non solo alla realizzazione di unità/compleksi edilizi residenziali e non ma anche la ristrutturazione attraverso demolizione e ricostruzione sia in sagoma che non, sia residenziale che non residenziale, resta subordinato alla produzione di un progetto idraulico per la regimazione delle acque di pioggia che comporti il rispetto del principio d'invarianza idraulica. Questi aspetti sono finalizzati sia ad un processo di protezione della falda sia al mantenimento di un basso livello di rischio idraulico o comunque al non peggioramento di questo.

L'analisi condotta si sofferma dapprima sulle opere da realizzare poi sull'assetto geologico, geomorfologico ed idraulico del territorio, in una seconda fase su specifiche valutazioni idrologiche ed idrauliche poi sulla base delle risultanze ottenute, sul dimensionamento di soluzioni progettuali atte a limitare o mitigare le possibili alterazioni del regime idraulico che le nuove destinazioni o trasformazioni di uso del suolo possono venire a determinare.

L'inevitabile e incessante dinamica evolutiva dell'urbanizzazione ha portato negli ultimi tempi a un aggravamento della situazione idraulica interna ed esterna dei centri abitati, con un aumento della frequenza e dell'entità dei danni conseguenti alla insufficienza dei ricettori. Nei periodi piovosi, infatti, si formano nell'ambiente urbano portate

meteoriche che solo entro certi limiti possono essere regolarmente accolte, convogliate, depurate e scaricate dalla rete fognaria o dal reticolo idrografico presente.

La crescente impermeabilizzazione dei suoli comporta infatti due principali conseguenze alla risposta idrologica di un bacino:

- incremento del coefficiente di deflusso: generalmente, il volume di pioggia che precipita sul suolo si suddivide in due componenti: una parte si infiltra nel sottosuolo, un'altra parte scorre sulla superficie contribuendo alla formazione delle piene; l'impermeabilizzazione dei suoli favorisce il secondo fenomeno incrementando così la portata defluente nel corpo idrico ricettore;

- diminuzione del tempo di corrivazione: le trasformazioni urbanistiche generalmente contribuiscono alla diminuzione delle scabrezze superficiali, incrementando le velocità di scorrimento dell'acqua sulle superfici e rendendo così più rapida la risposta idrologica del bacino; anche in questo caso si ottiene come risultato un incremento delle portate massime nel corpo idrico ricettore.

Le trasformazioni del territorio pertanto, secondo quanto disposto dalla normativa comunale e nazionale vigente, non devono comportare alcun aggravio al idraulico presente nella zona di riferimento, né possono pregiudicare la possibilità di riduzione di tale livello.

Il principio dell'invarianza idraulica sancisce che *“la risultante del drenaggio di un'area debba essere costante prima e dopo la trasformazione dell'uso del suolo nell'area medesima”*.

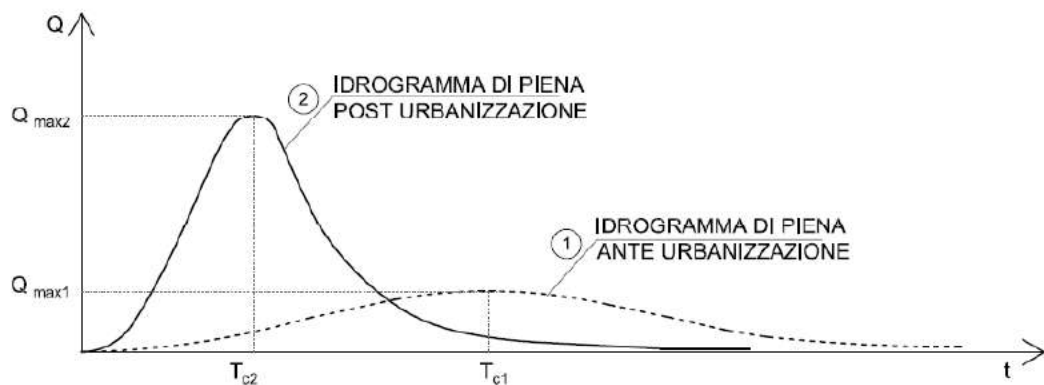


Fig. 1 – Rappresentazione delle portate ANTE e POST urbanizzazione

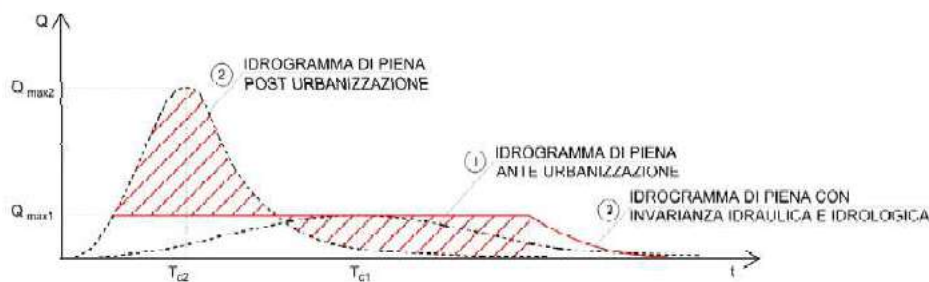


Fig. 2 – Rappresentazione delle portate ANTE e POST urbanizzazione tenendo conto dell'invarianza idraulica

La normativa cui fa riferimento il presente studio è :

L.N. 267/98;

Direttiva 2007/60/CE;

D.lvo 49/2010 di attuazione alla direttiva Europea;

D.lvo 152/06

Ordinanza Sindacale n. 10 del 28.01.2019 – Comune di Palermo

D.D.G. n. 102 del 23.06.2021 – *Attuazione delle misure della Pianificazione distrettuale relativa all'applicazione dei principi d'invarianza idraulica;*

D.A. n. 117 del 07/07/2021 - LINEE GUIDA  
COMPATIBILITA' IDRAULICA

L'area oggetto di trasformazione è costituita da una superficie ineditata vocata a parcheggio, circondata da lotti edificati o edificandi, e strade principali e secondarie.

La superficie al momento è semi-permeabile con area di circa 6.000 mq di cui circa 500 mq sono ancora terreno agricolo poiché vocati a verde.

Tabella delle superfici:

Superfici agricole originarie	6.000 mq
Superfici trasformate	5.500 mq
Superfici non trasformate	500 mq

Com'è noto il "terreno naturale incolto" ha un coefficiente di afflusso parametrato dalla bibliografia che oscilla tra 0.30 e 0.4 o addirittura superiore se pensiamo alla copertura di suolo argilloso o alle terre rosse residuali sabbioso-limose, ossia ha una permeabilità tra  $10^{-3}$  e  $10^{-5}$  m/sec.

Il pavimento sistemato con betonelle definito con sabbia o manto erboso ha una permeabilità pari o superiore del terreno naturale con coefficiente di afflusso parametrato dalla bibliografia che oscilla tra 0.20 e 0.30, ossia ha una permeabilità tra  $10^{-2}$  e  $10^{-3}$  m/sec.

Per l'area verrà condotta un'analisi del livello di significatività della trasformazione, che se pur non sono previste lavorazioni, farà riferimento alla superficie naturale del terreno. I fattori principali che

vengono schematizzati nella tabella riportata di seguito prendono spunto dalla Gazzetta della Regione Lombardia – suppl. 7 del 27/11/2017

1) primo fattore : Localizzazione dell'intervento

Il territorio in generale viene suddiviso in 3 ambiti in base alla pericolosità idraulica

A – alta criticità

B – media criticità

C – bassa criticità

2) secondo fattore : Superficie dell'intervento

a) superficie fino a 100 mq

b) superficie > 100 mq e  $\leq$  1.000 mq

c) superficie > 1.000 mq e  $\leq$  10.000 mq

d) superficie > 10.000 mq e  $\leq$  100.000 mq

e) superficie > 100.000 mq

3) terzo fattore : Coefficiente di deflusso medio ponderale

1.  $\varphi \leq 0,40$

2.  $\varphi > 0,40$

Nel caso in questione abbiamo :

1) area di tipo “C” - **Criticità Bassa** per assenza di vincoli idraulici

2) superficie impermeabile post operam compresa tra 1.000 mq e 10.000 mq

3)  $< 0,40$

Per l'intervento si calcola :

$$\phi m = (500 \text{ mq} * 0,3 + 5.500 \text{ mq} * 0,3) / 6.000 \text{ mq} = 0,30 < 0,4$$



CLASSE DI INTERVENTO		SUPERFICIE INTERESSATA	COEFFICIENTE DEFLUSSO MEDIO PONTERALE	MODALITA' DI CALCOLO	
				AREE A - B	AREE C
0	Impermeabilizzazione potenziale qualsiasi	$S \leq 100 \text{ m}^2$	QUALSIASI	REQUISITI MINIMI art. 12 comma 1	
1	Impermeabilizzazione potenziale bassa	$100 \text{ m}^2 < S \leq 1.000 \text{ m}^2$	$\varphi \leq 0,4$	REQUISITI MINIMI art. 12 comma 2	
		$100 \text{ m}^2 < S \leq 1.000 \text{ m}^2$	$\varphi > 0,4$	METODO DELLE SOLE PIOGGE art. 11 comma 2	REQUISITI MINIMI art. 12 comma 2
2	Impermeabilizzazione potenziale media	$1.000 \text{ m}^2 < S \leq 10.000 \text{ m}^2$	qualsiasi		
		$10.000 \text{ m}^2 < S \leq 100.000 \text{ m}^2$	$\varphi \leq 0,4$		
3	Impermeabilizzazione potenziale alta	$10.000 \text{ m}^2 < S \leq 100.000 \text{ m}^2$	$\varphi > 0,4$	PROCEDURA DETTAGLIATA art. 11 comma 2	REQUISITI MINIMI art. 12 comma 2
		$S > 100.000 \text{ m}^2$	qualsiasi		

– Tabella della significatività delle trasformazioni

L'area ricade in classe d'intervento "2" a bassa criticità con impermeabilizzazione potenziale media.

Con quanto sin qui esposto, si è del parere che non sarà necessario prevedere misure di compensazione per mantenere l'invarianza idraulica in quanto in termini di piogge nette sul lotto e piogge residue laminari può affermarsi che si raggiunge l'invarianza idrologica. La permeabilità della pavimentazione è infatti prossima alla permeabilità dei terreni sottostanti.

## 12 Conclusioni

Lo Scrivente, Geol. Zerilli dott. Francesco è stato incaricato dalla società **Jumbo Market s.r.l.** per la stesura di una relazione di verifica di compatibilità geomorfologica ai sensi art. 15 L.R.16/16 ex. art. 13 L. 02/02/1974 n. 64 a supporto della *rideterminazione urbanistica delle particelle nn. 3446, 3450, 3578 e 3585 del foglio di mappa 53 nell'area con accesso dalla Via Santa Maria Mazzarello e dalla via Perpignano nel comune di Palermo.*

Nello specifico trattasi nella rideterminazione urbanistica in **ZTO D1, con vincolo di utilizzo esclusivo a parcheggio pertinenziale** delle attività commerciali di proprietà della Jumbo Market, di un'area attualmente adibita provvisoriamente a parcheggio (ex art. 29 delle NTA del PRG vigente), la cui destinazione urbanistica risulta oggi essere "ZTO S - attrezzature scolastiche" di cui la zona risulta già ampiamente servita (vedasi Asilo Nido "Il Girasole" e Scuola Media "Principessa Elena di Napoli").

La suddetta rideterminazione urbanistica viene attuata in forza della nomina del Commissario ad acta in esecuzione alla Sentenza TAR Sicilia di Palermo n.2120/2021.

Il piano di studio verrà reso in osservanza a quanto riportato nel D.A. n. 120 del 14.07.2021 – *Studi geologici per la redazione di strumenti urbanistici*, del D.D.G. n. 102 del 23.06.2021 – *Attuazione delle misure della Pianificazione distrettuale relativa all'applicazione dei principi d'invarianza idraulica* e D.A. n. 117 del 07/07/2021 - *LINEE GUIDA COMPATIBILITA'*

*IDRAULICA* supportato da indagini geognostiche geofisiche e geotecniche.

Alla luce di quanto emerso dal rilevamento di campagna e dalle considerazioni geomorfologiche, litotecniche ed idrogeologiche e sull'invarianza idraulica ed idrologica effettuate, l'area in studio non ha caratteristiche tali da risultare ostative alle esigenze presentate dalla rideterminazione urbanistica richiesta. Essa si presenta stabile e sicura, non si registrano pericolosità geomorfologiche geologiche e sismiche come meglio esplicitato nei precedenti paragrafi.

Con tali premesse lo Scrivente esprime parere geologico-tecnico e di compatibilità geomorfologica favorevole per la rideterminazione urbanistica richiesta. Per i dettagli si rimanda ai paragrafi precedenti.

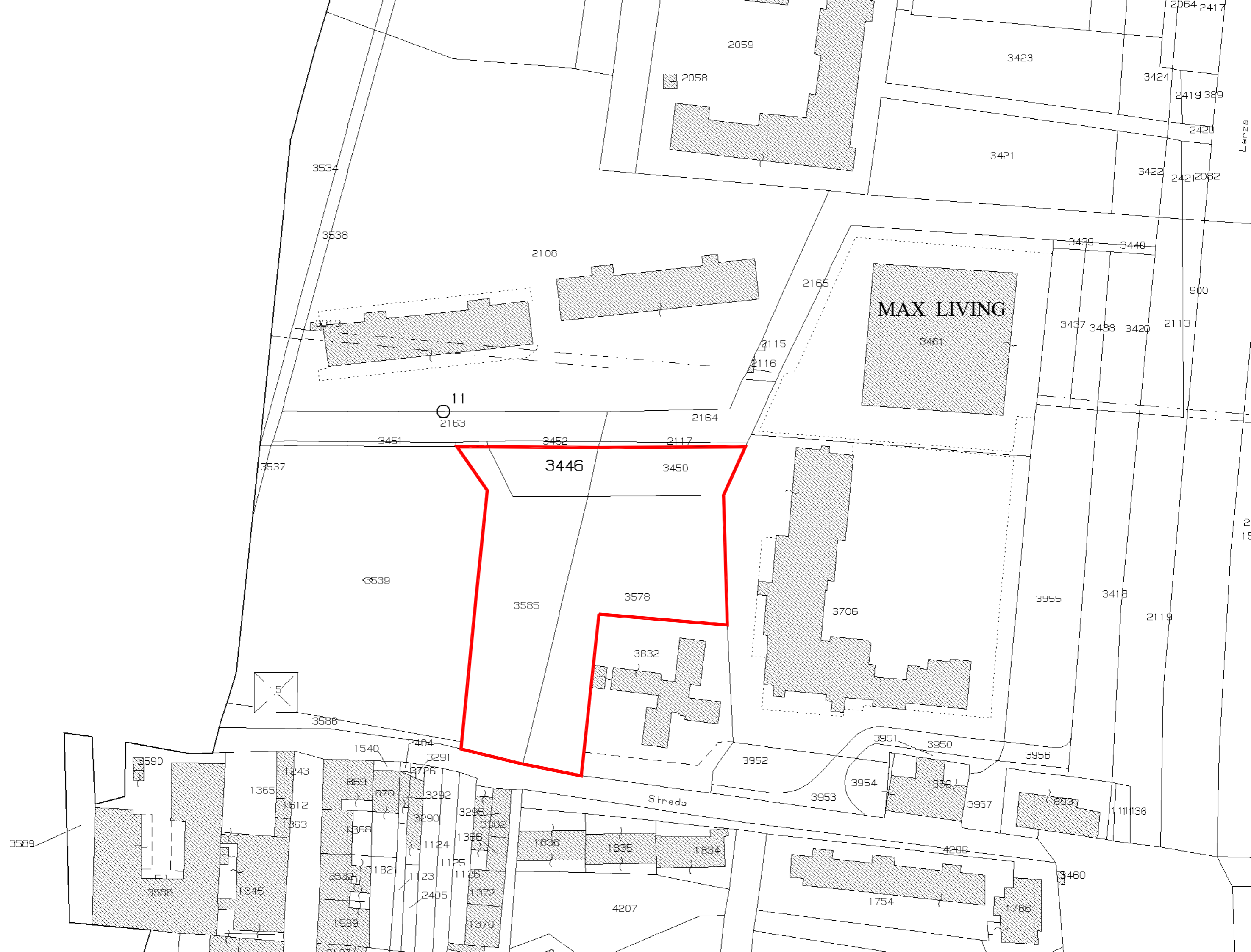
***Dott. Geol. Francesco Zerilli***



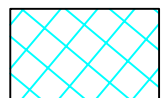
Seguono allegati



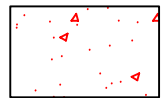
Stralcio aerofotogrammetria  
1:10.000



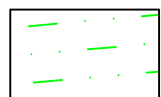
# Sezione geologica



Pavimentazione e Terreni di riporto di sottofondo



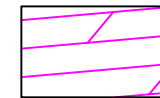
Terre rosse residuali di colore marrone-rossastro costiuite una matrice argillo-sabbiosa con elementi litoidi minuti di natura carbonatica sospesi



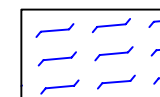
Calcareniti nodulari debolmente cementate di colore giallo, passanti a sabbie gialle addensate tra 4.0 e 5.5 m



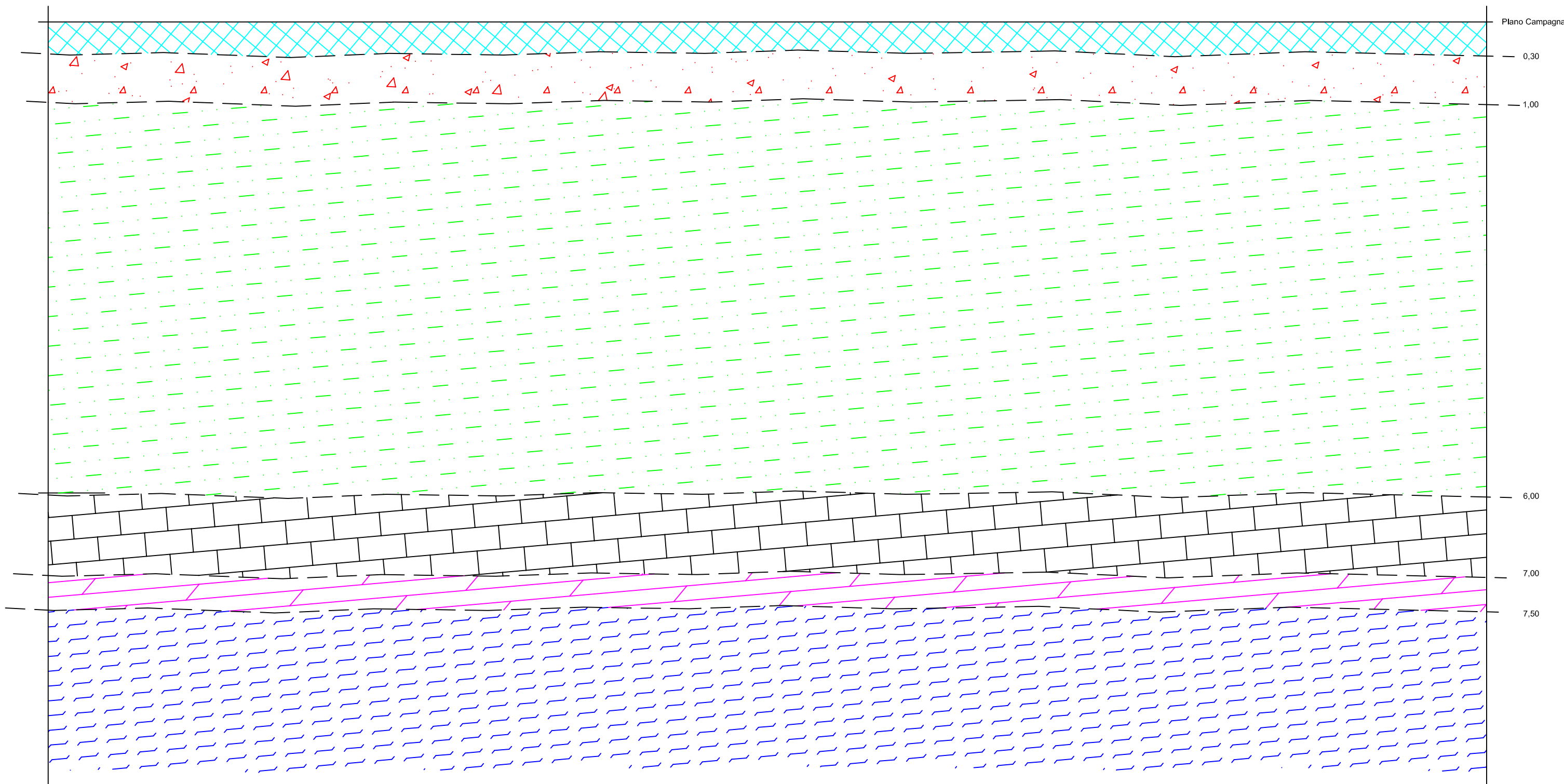
Calcilutite di colore bianco, lapidea

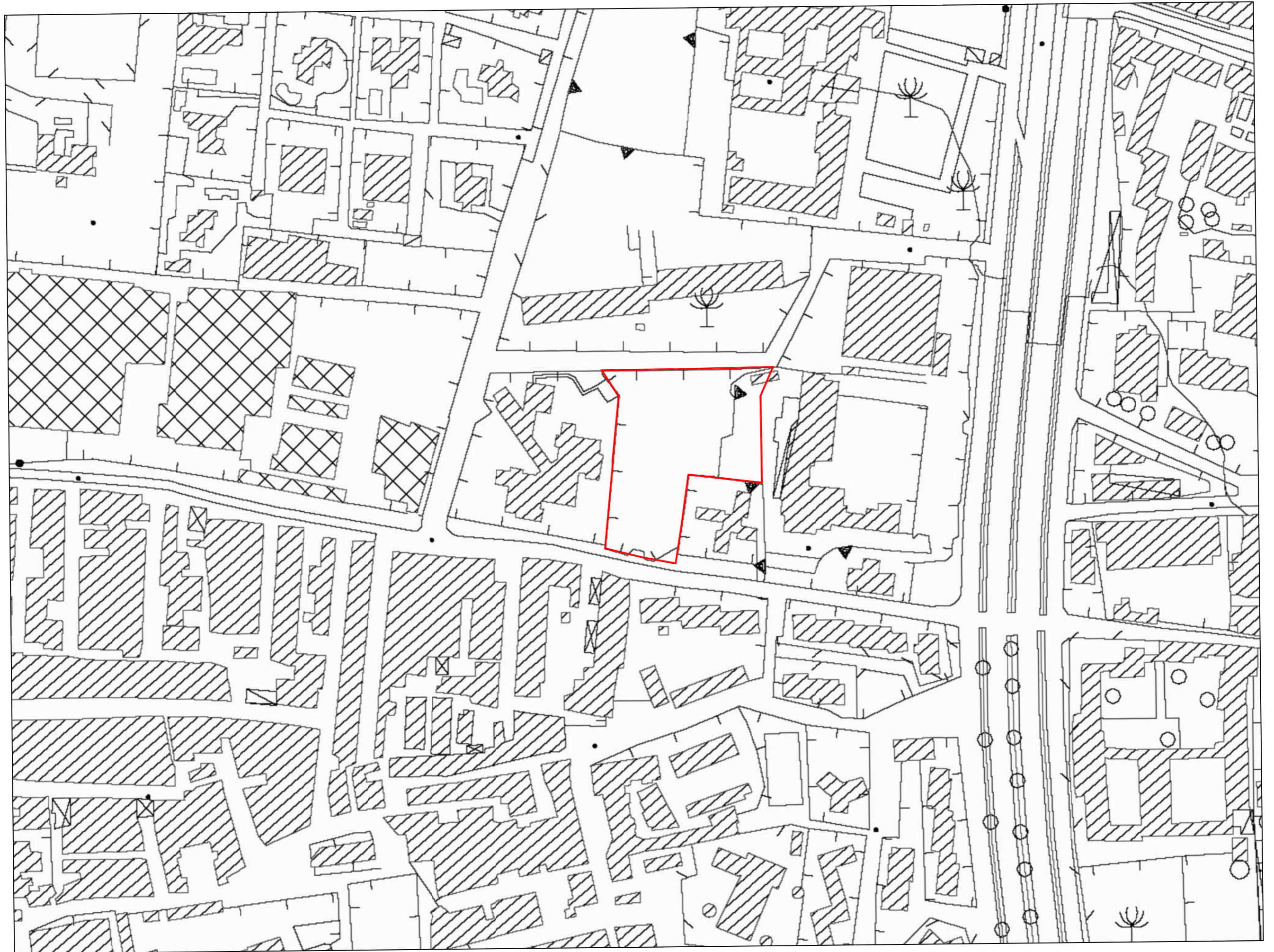


Arenaria giallo scura poco cementata disgregata nel carotaggio



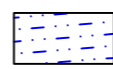
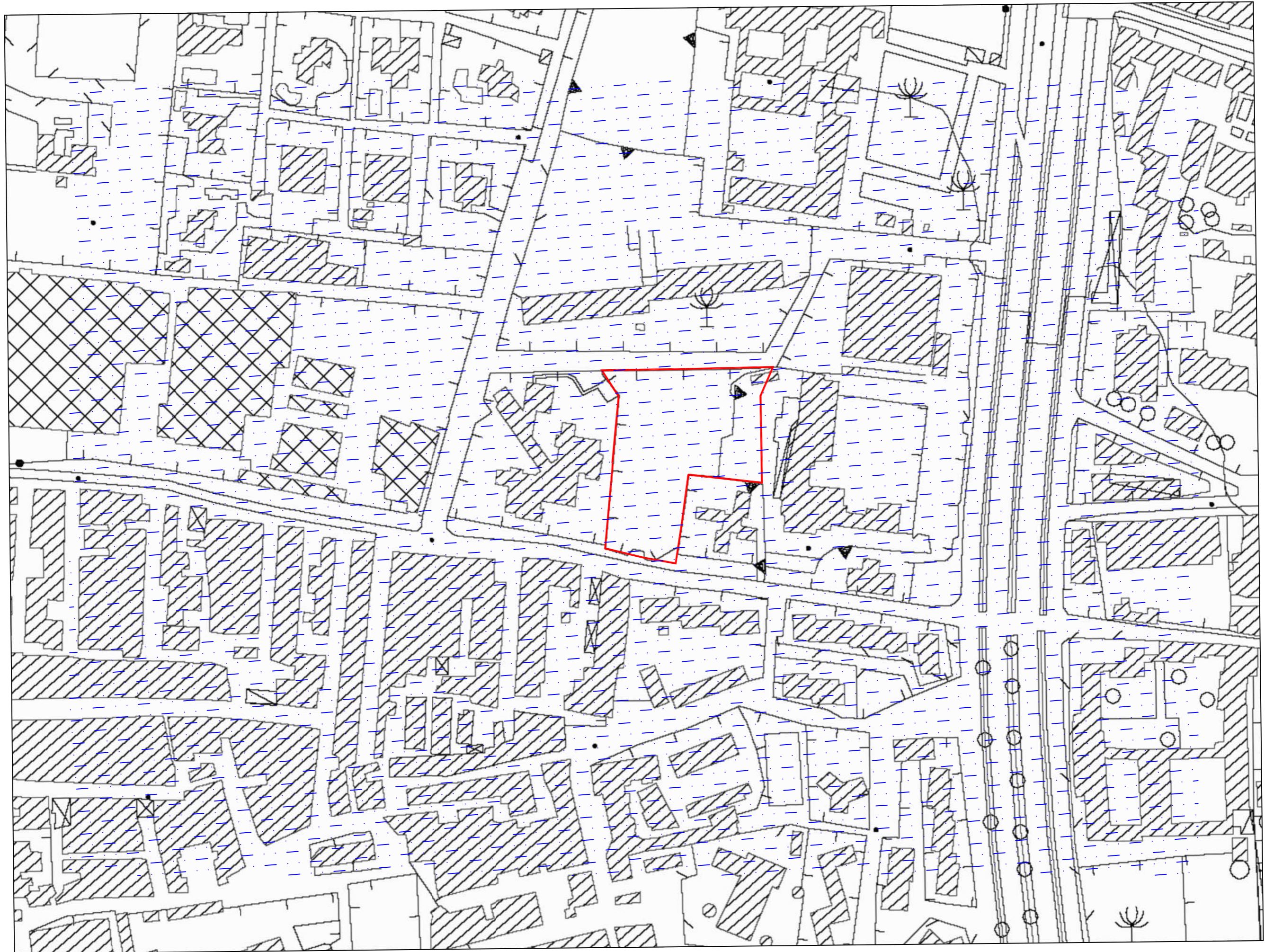
Argilla sabbiosa di colore grigio scuro con tessitura scagliosa, molto consistente





*Complesso delle calcareniti bioclastiche di tipo giallo,  
alternate a livelli di sabbie gialle addensate  
Pleistocene sup.*

**Stralcio aerofotogrammetria**  
1:2.000



Complesso delle calcareniti bioclastiche di tipo giallo,  
alternate a livelli di sabbie gialle addensate  
Pleistocene sup.

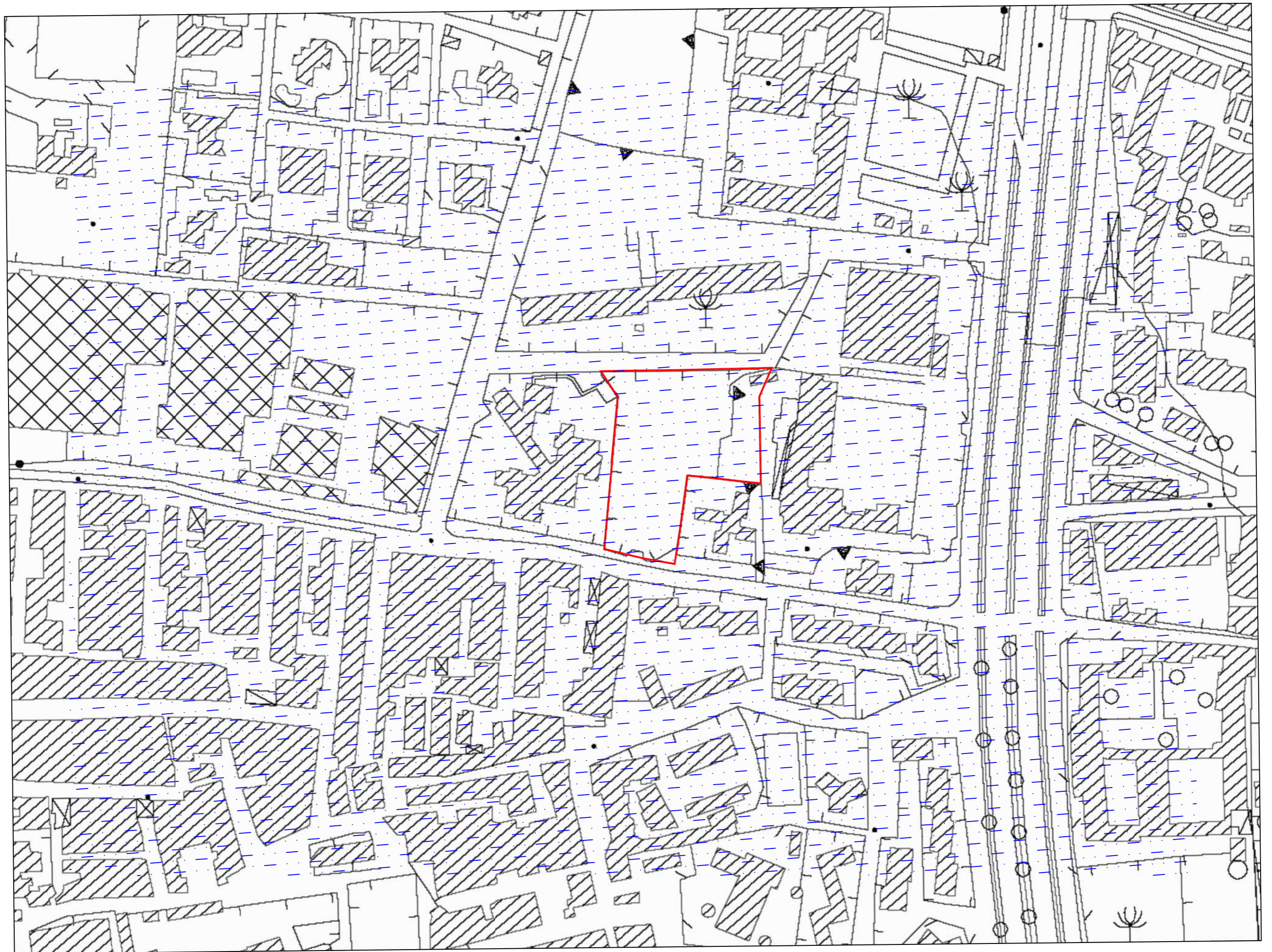
Carta geologica  
1:2.000



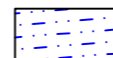


*L'area in studio è caratterizzata da blanda pendenza. Nel lotto non vi sono tracce di frane attive o quiescenti. Per l'assetto piano-altimetrico non possono esservi possibilità di alluvioni e non è attraversata da impluvi, neanche sistemati idraulicamente. L'area è stabile e sicura e non rientra in zone con vincoli P.A.I.*

**Carta geomorfologica**  
1:2.000



*Il complesso sedimentario è costituito da un deposito calcarenitico-sabbioso passante oltre 7,0 - 8,0 m dal p.c. ad argille numidiche grigie compatte. La permeabilità del complesso calcarenitico è del tipo primario per porosità con coefficiente medio-alto e del tipo secondario per fessure e fratture con coefficiente medio-alto. Assente il ruscellamento superficiale, la falda è del tipo profondo*



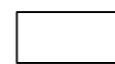
*Complesso delle calcareniti bioclastiche di tipo giallo, alternate a livelli di sabbie gialle addensate Pleistocene sup.*

**Carta idrogeologica**  
1:2.000



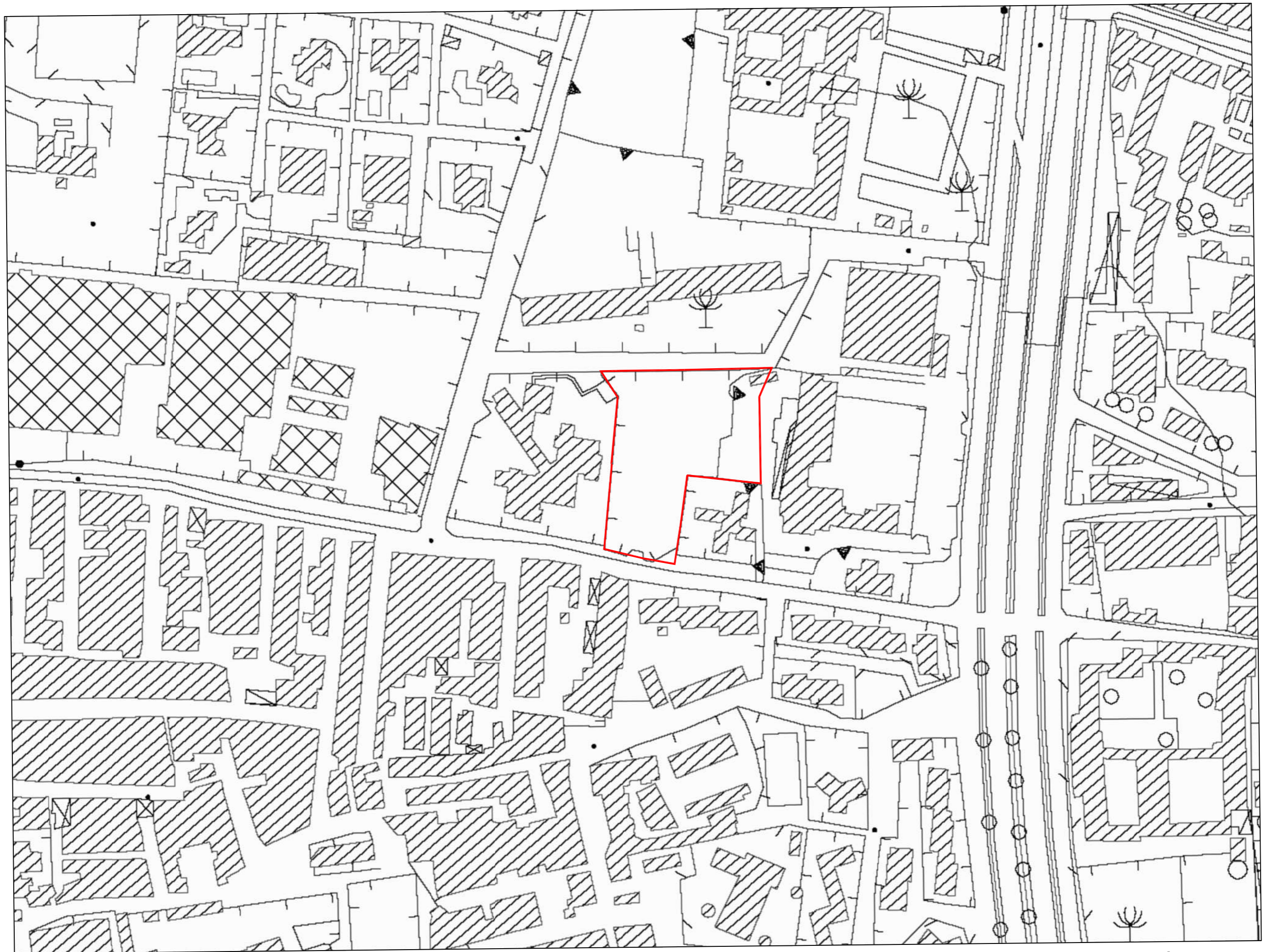
Calcareni e sabbie  
 coesione drenata ( $c'$ ) = 0,0 - 5,0 t/mq  
 angolo attrito interno ( $\phi'$ ) = 35° - 43°  
 peso di volume ( $\gamma$ ) = 1,9-2,0 t/mc

Deposito di copertura di terreno di riporto  
 coesione drenata ( $c'$ ) = nulla  
 angolo attrito interno ( $\phi'$ ) = 25°-27°  
 peso di volume ( $\gamma$ ) = 1,75-1,85 t/mc

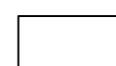


Complesso delle calcareniti bioclastiche di tipo giallo,  
 alternate a livelli di sabbie gialle addensate  
 Pleistocene sup.

Carta litotecnica  
 1:2.000

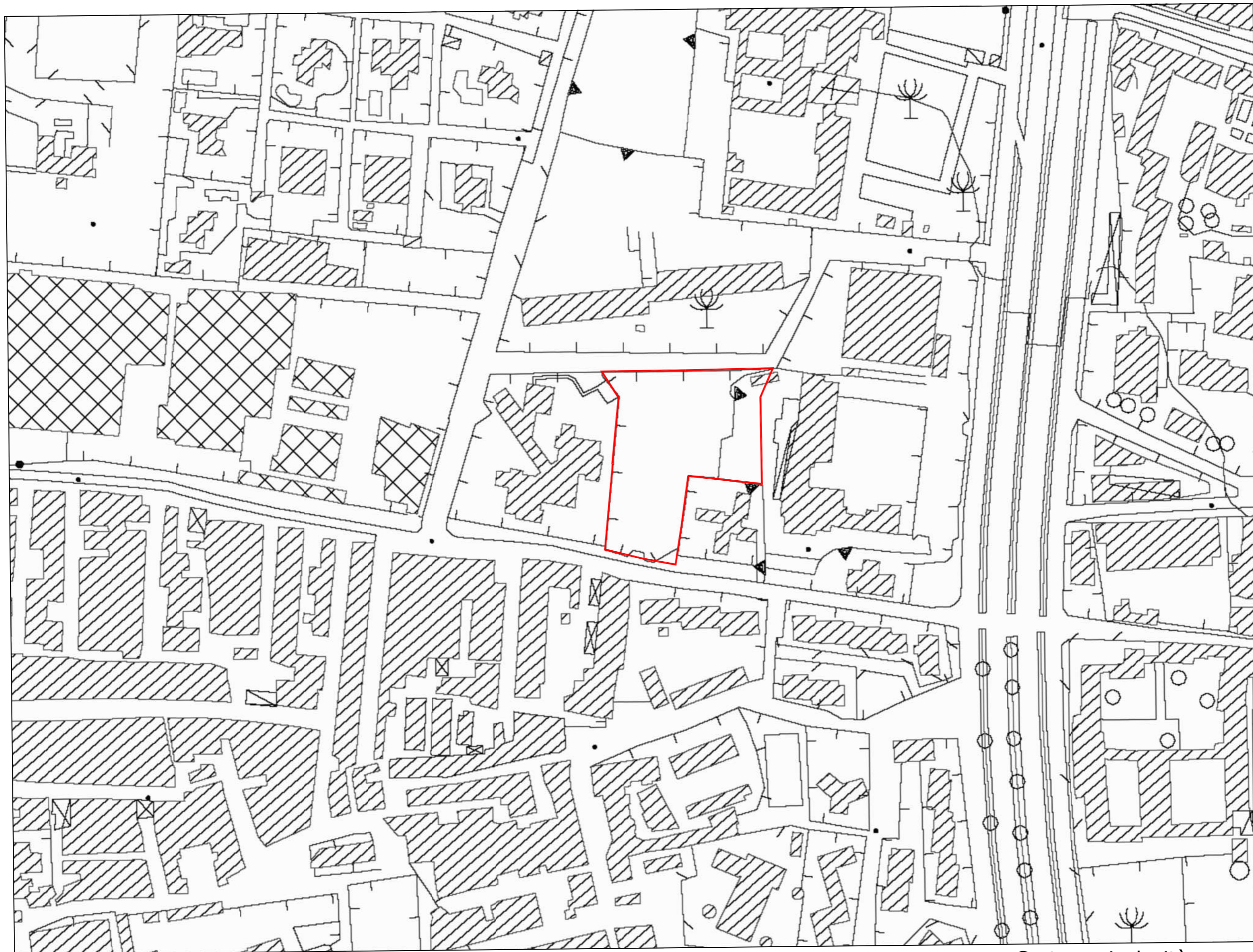


L'area in studio non è interessata da pericolosità geologiche che limitano o inibiscono l'attuale utilizzo a parcheggio ma in generale anche qualsiasi tipo di edificazione, non vi sono situazioni di instabilità in atto o potenziali. Nell'area non vi sono elementi paleontologici, geologici o mineralogici di rarità scientifica o di tutela o suscettibili di tutela secondo quanto previsto al LL.RR. 80/77; 98/81; 14/88

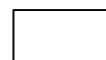


Complesso delle calcareniti bioclastiche di tipo giallo, alternate a livelli di sabbie gialle addensate Pleistocene sup.

Carta pericolosità  
geologiche  
1:2.000

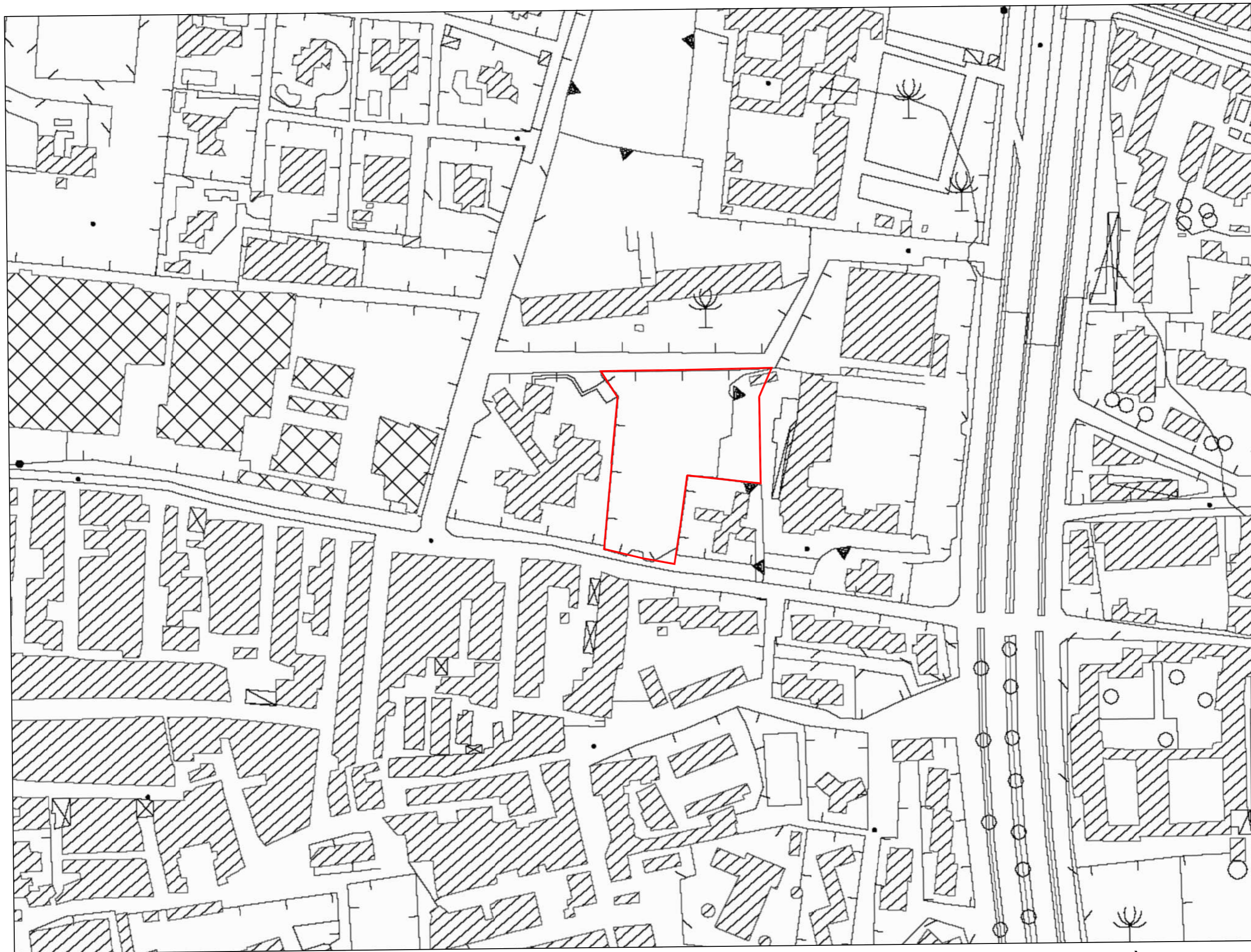


*L'area presenta pendenza generalizzata <math><15^\circ</math>, è stabile; per la correlazione tra geologia dei terreni di base e l'assetto topografico NON possono determinarsi fenomeni di amplificazione diffusa del moto del suolo dovuta a differente risposta sismica tra substrato e copertura in caso di sisma; i terreni non sono liquefacibili, la falda è profonda*



*Complesso delle calcareniti bioclastiche di tipo giallo, alternate a livelli di sabbie gialle addensate Pleistocene sup.*

**Carta pericolosità  
sismiche**  
1:2.000



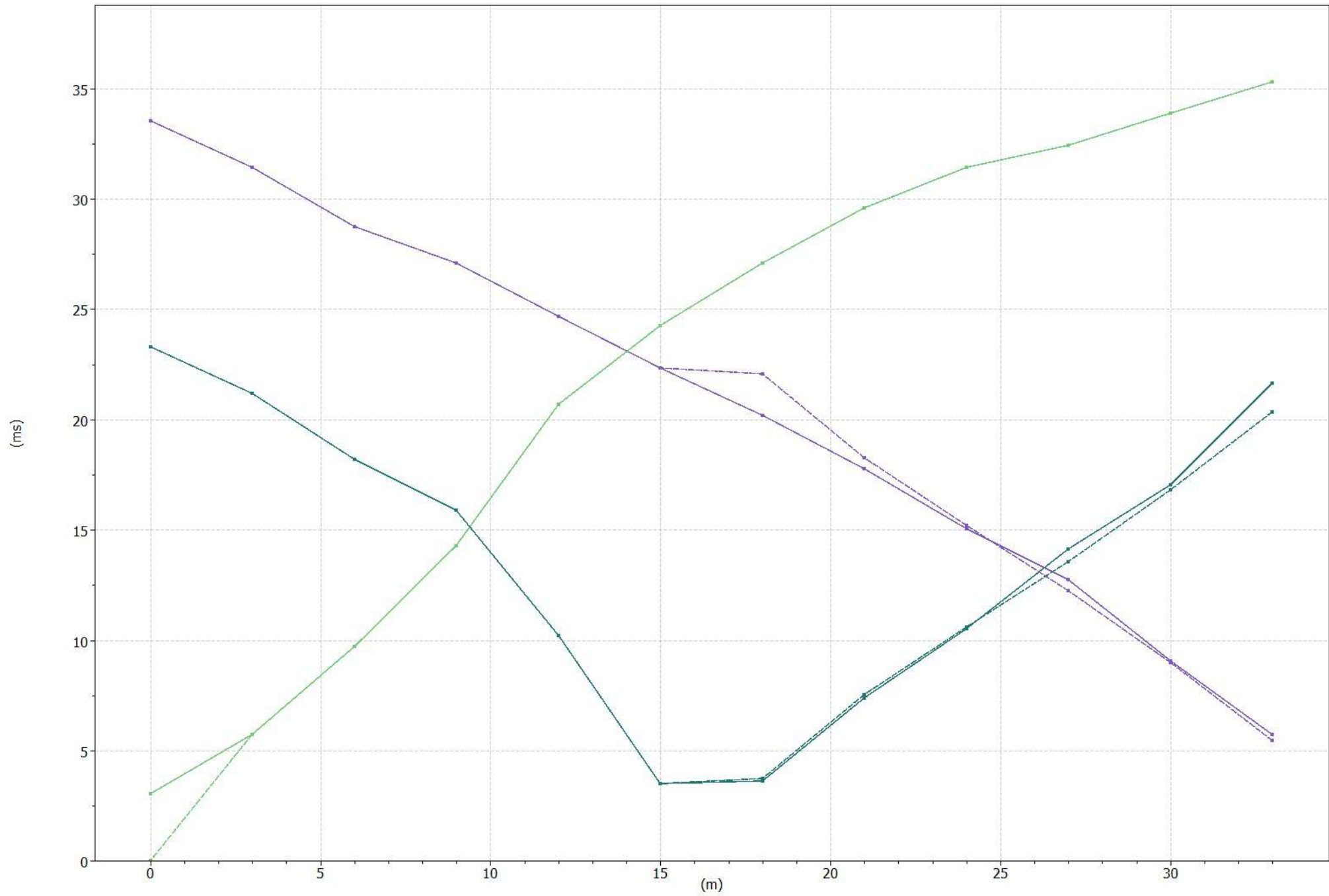
*La suscettività d'uso NON è condizionata da situazioni di criticità,  
si presta all'attuale utilizzo di parcheggio senza prescrizioni*

Carta suscettività  
all'uso edificatorio  
1:2.000

# Indagine geofisica tramite tecnica TOMOGRAFICA

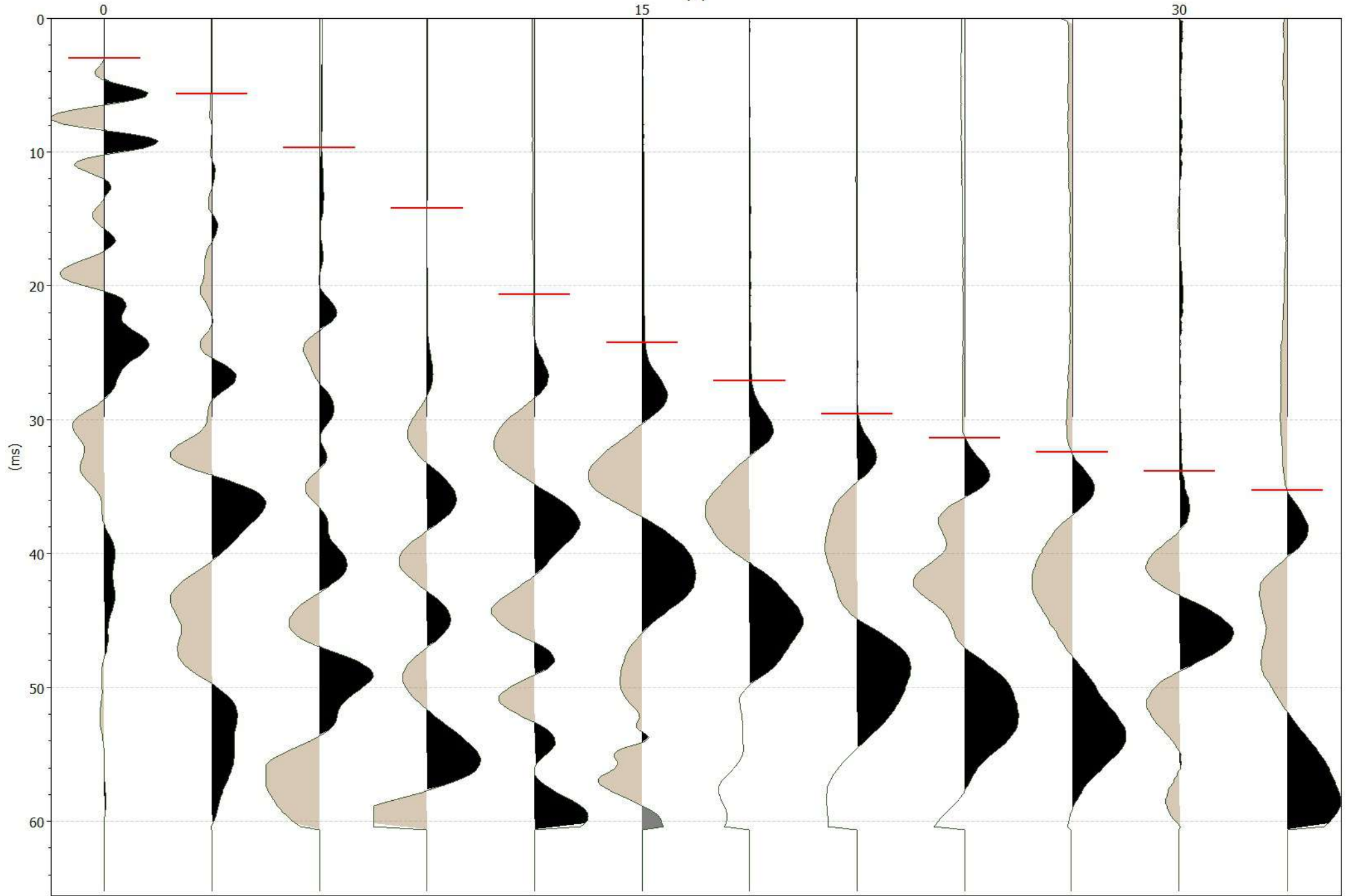
## Dati generali

<b>Committente</b>	Jumbo Market srl
<b>Cantiere</b>	Rideterminazione urbanistica
<b>Località</b>	Palermo – Via Mazzarello / Via Perpignano
<b>Operatore</b>	Zerilli Dott. Francesco
<b>Responsabile</b>	Zerilli Dott. Francesco
<b>Data</b>	09/2022 10:02

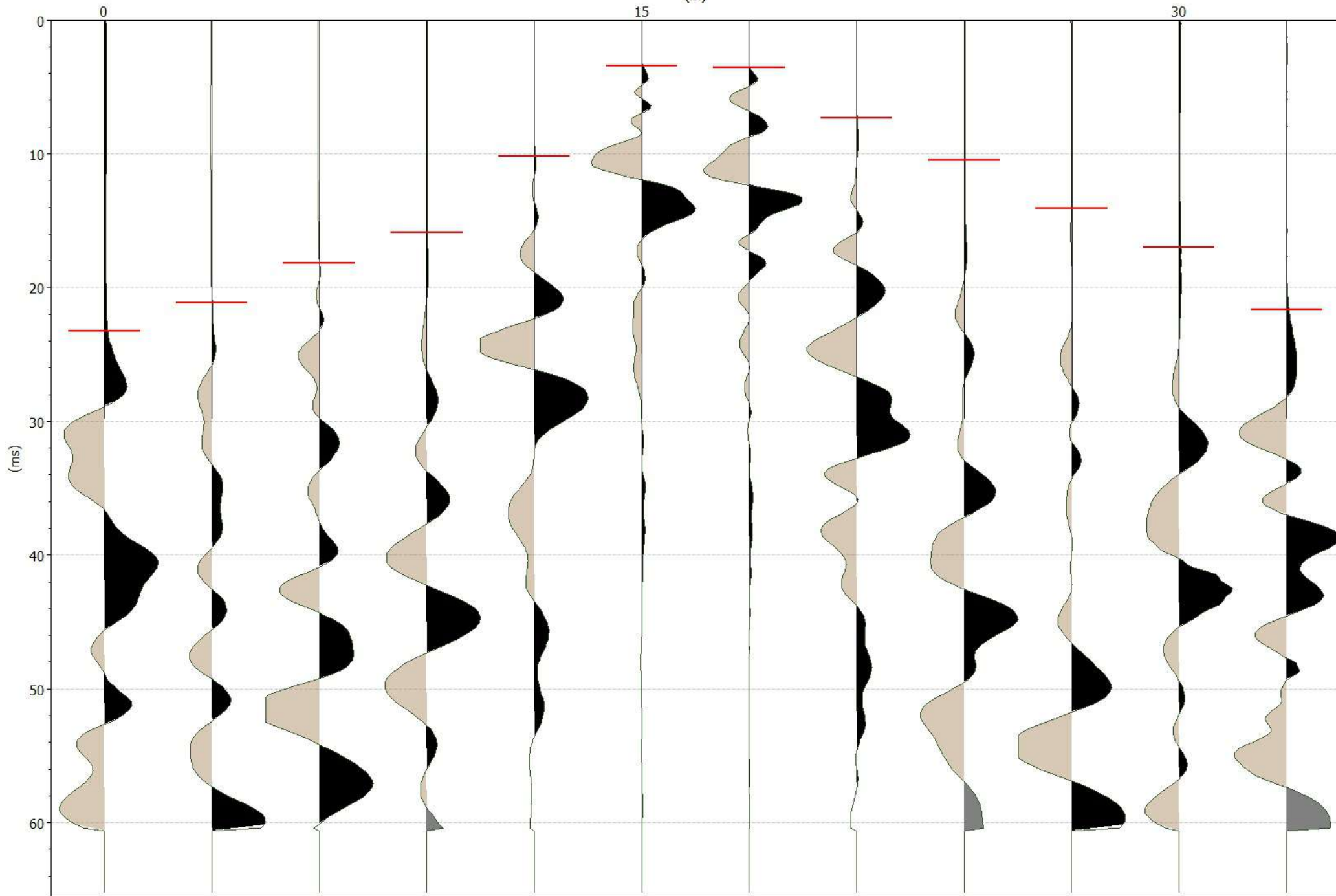




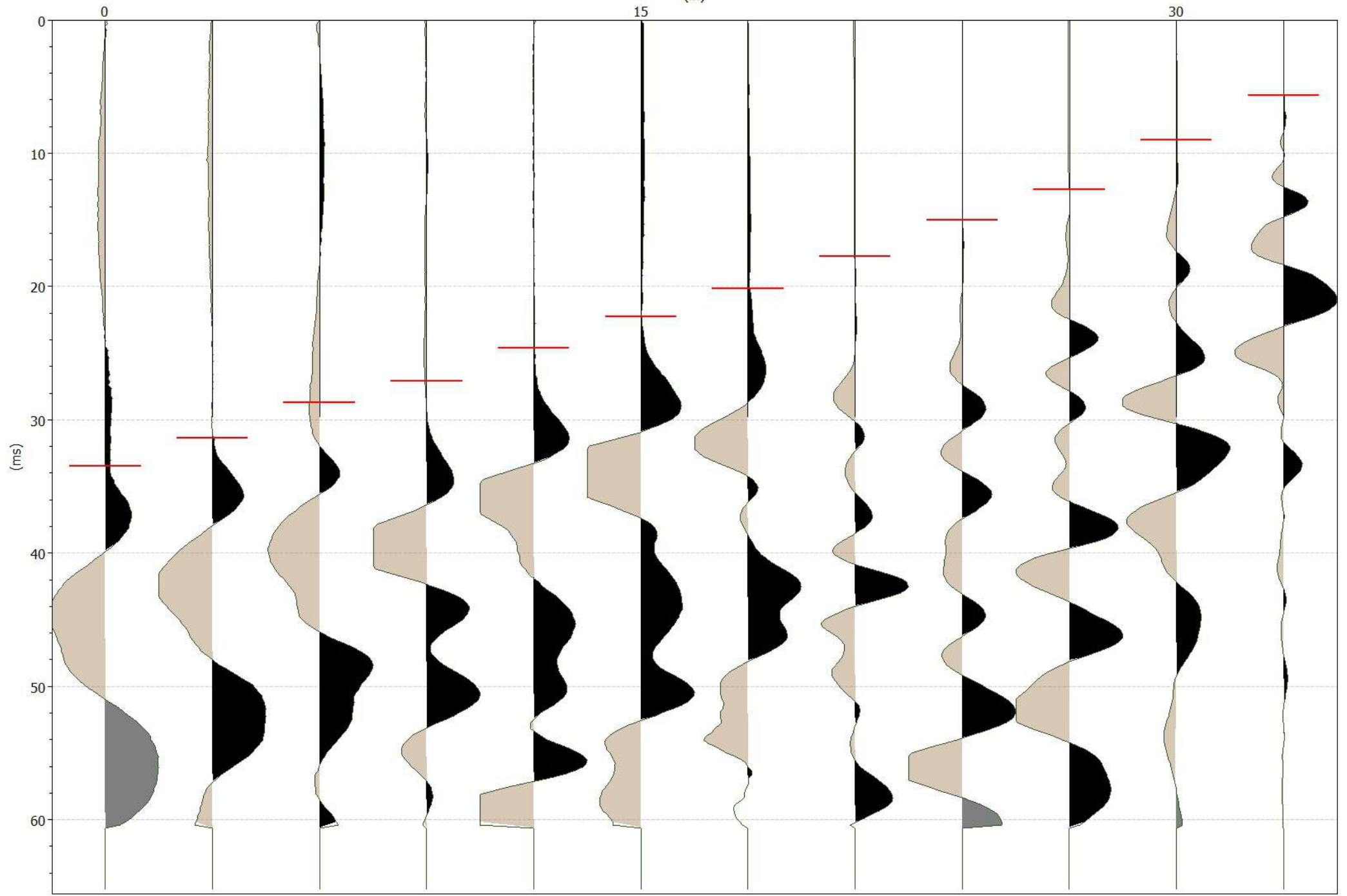
Shot position: 0  
(m)



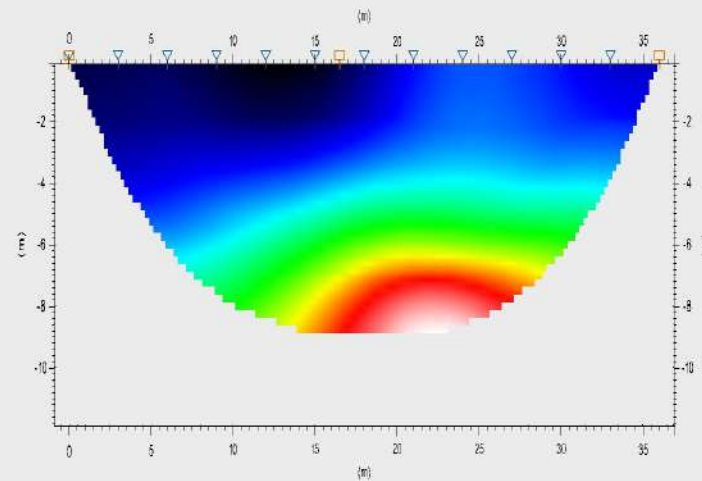
Shot position: 16.5  
(m)



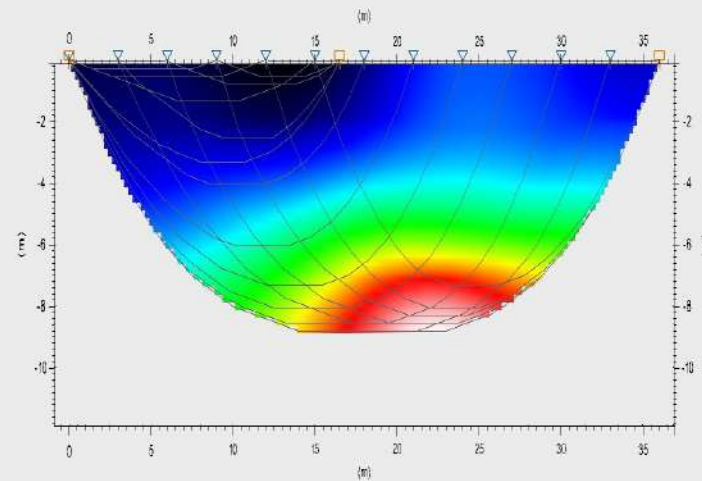
Shot position: 36  
(m)



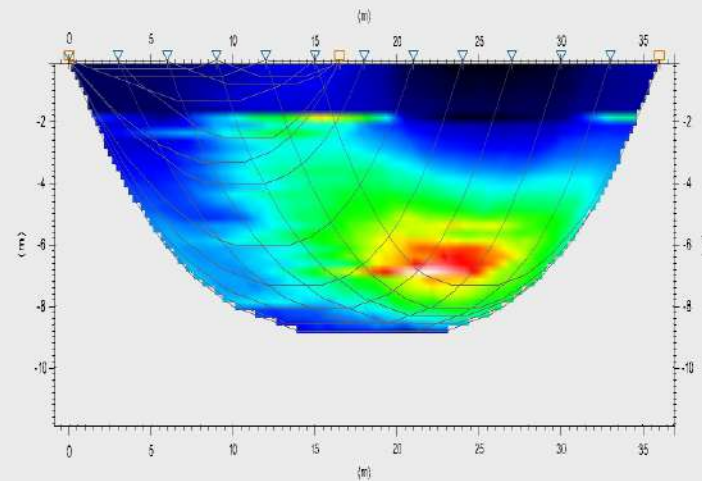
# Tomographic Profile - Velocity



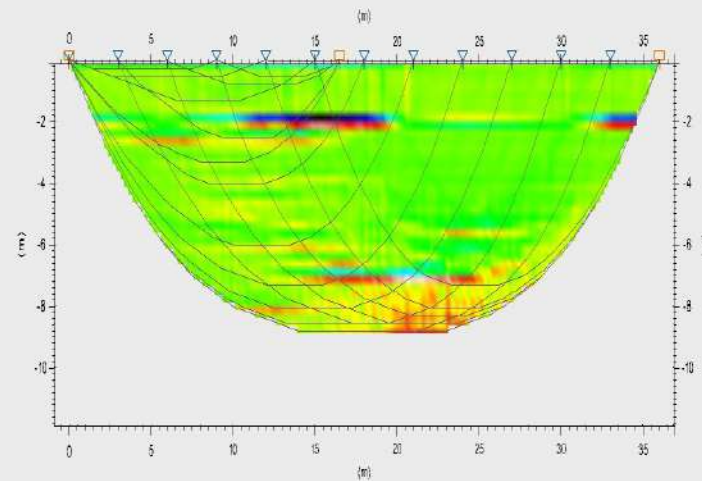
# Tomographic Profile - Velocity with Rays



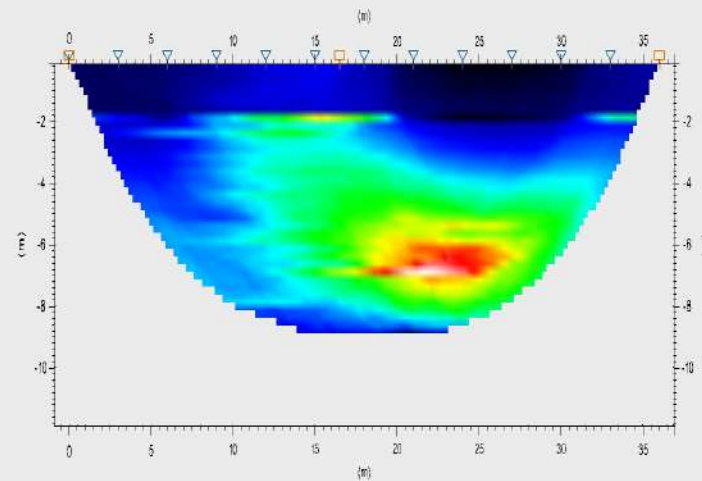
# Tomographic Profile - Vertical Gradient with Rays



# Tomographic Profile - Laplacian Gradient with Rays

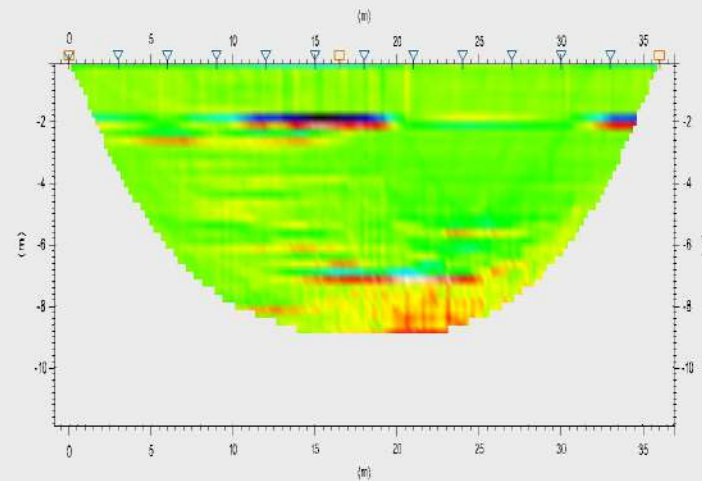


# Tomographic Profile - Vertical Gradient

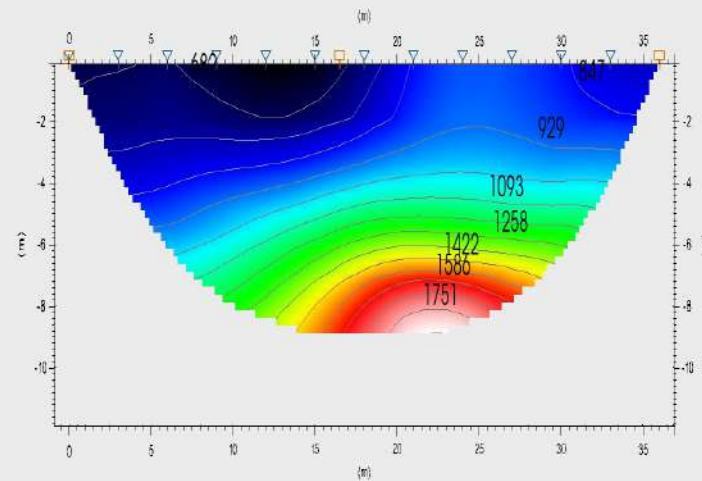




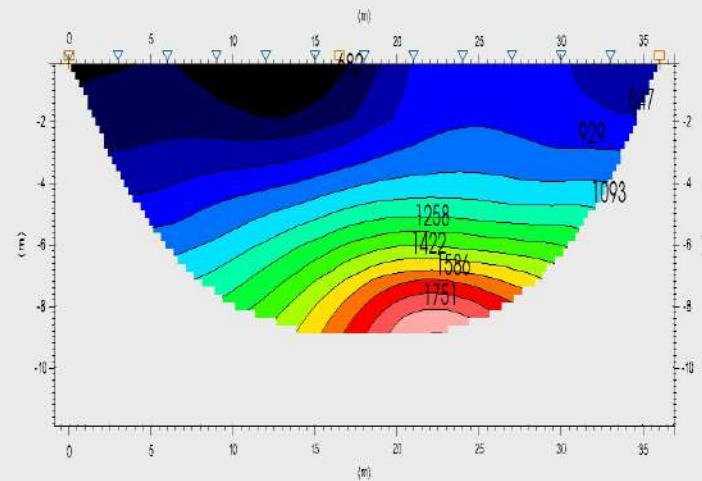
# Tomographic Profile - Laplacian Gradient



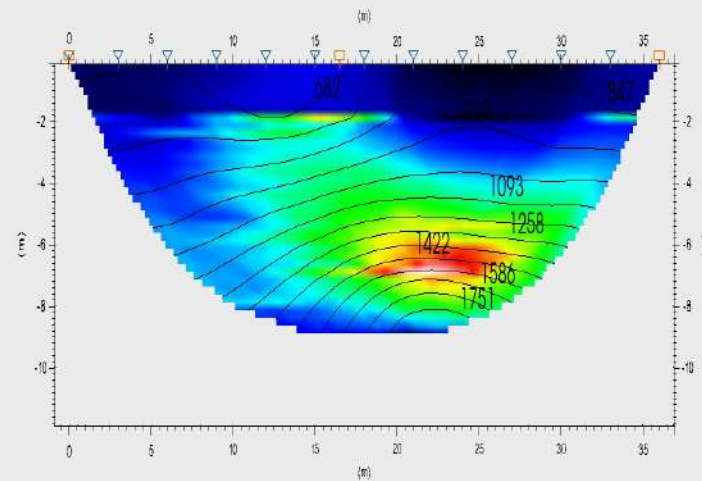
# Tomographic Profile - Velocity with Isolines



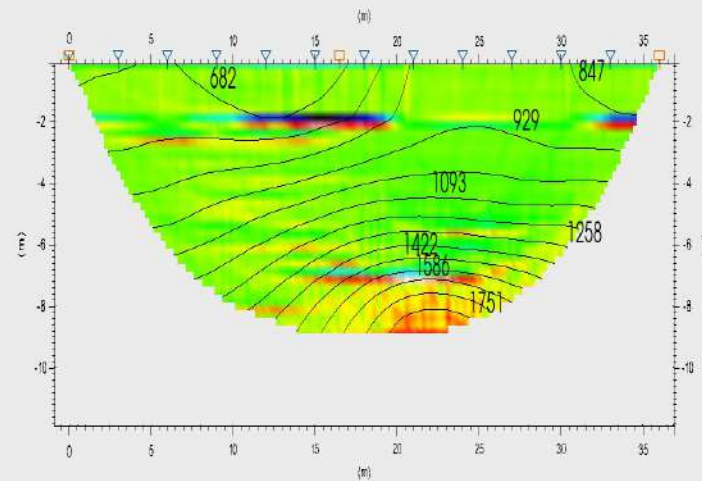
# Tomographic Profile - Velocity with Filled Isolines



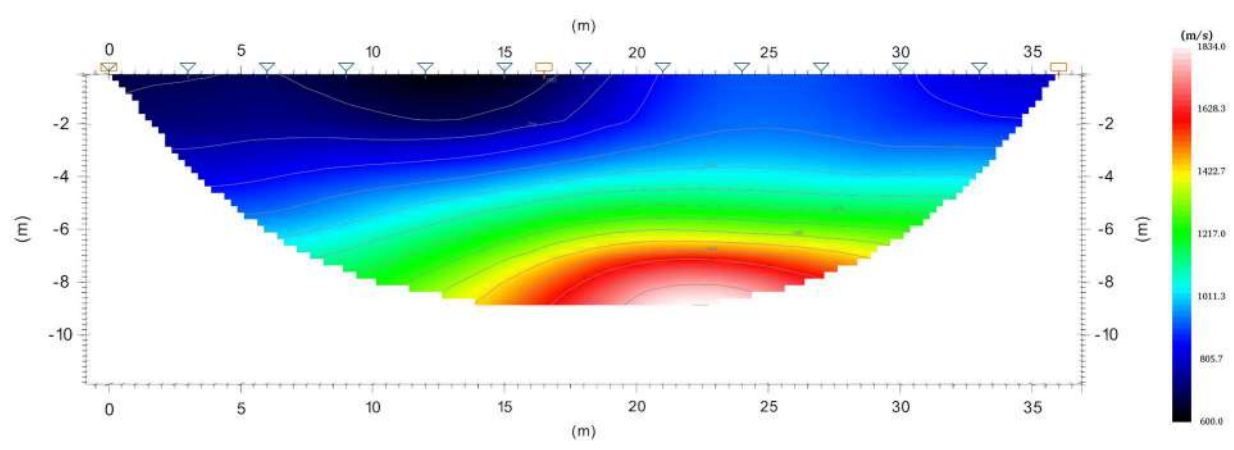
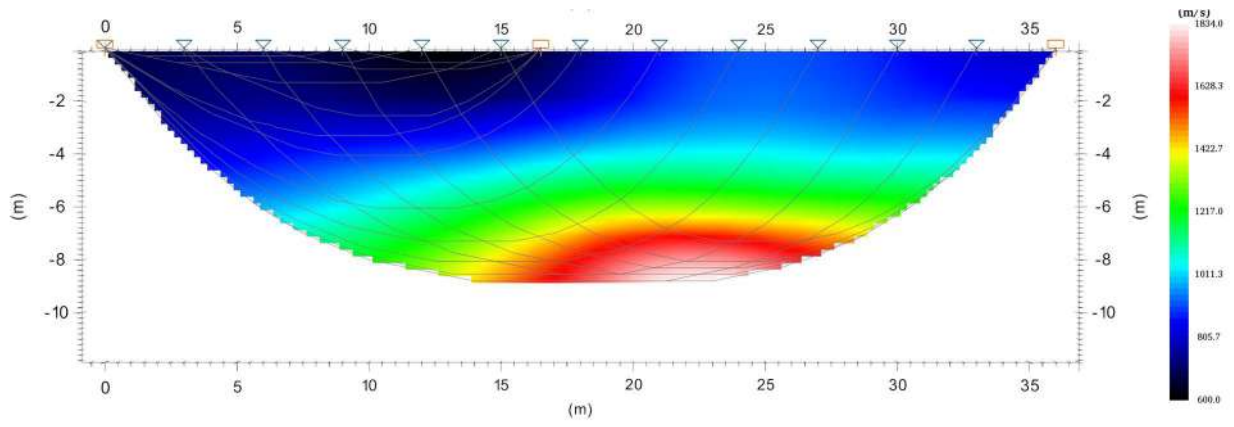
# Tomographic Profile - Vertical Gradient with Isolines



# Tomographic Profile - Laplacian Gradient with Isolines



ID:geophone#	X	Y	variantesismi1and.sg2	variantesismicentro.sg2	variantesismirit.sg2
0:0	0	0	0.00302847 0	0.0232586 0.0232586	0.0334948 0.0334977
1:0	3	0	0.00569352 0.00569344	0.0211387 0.0211387	0.0313749 0.0313746
2:0	6	0	0.00969109 0.00969116	0.0181708 0.0181708	0.0287099 0.0287096
3:0	9	0	0.0142338 0.0142338	0.0158692 0.0158692	0.0270745 0.0270744
4:0	12	0	0.0206541 0.0206541	0.0101756 0.0101756	0.0246517 0.0246517
5:0	15	0	0.0242277 0.0242277	0.00345245 0.00345245	0.0222895 0.0222896
6:0	18	0	0.0270745 0.0270746	0.00357359 0.00371861	0.0201696 0.0220387
7:0	21	0	0.0295578 0.0295576	0.00732889 0.00750505	0.0177468 0.0182454
8:0	24	0	0.0313749 0.031375	0.0104785 0.0105739	0.0150212 0.0151754
9:0	27	0	0.0324046 0.0324047	0.0141127 0.0135369	0.0127196 0.0122128
10:0	30	0	0.0338582 0.0338583	0.01702 0.0167763	0.00902483 0.00897433
11:0	33	0	0.0352513 0.0352494	0.0216232 0.0203252	0.00569352 0.00542944

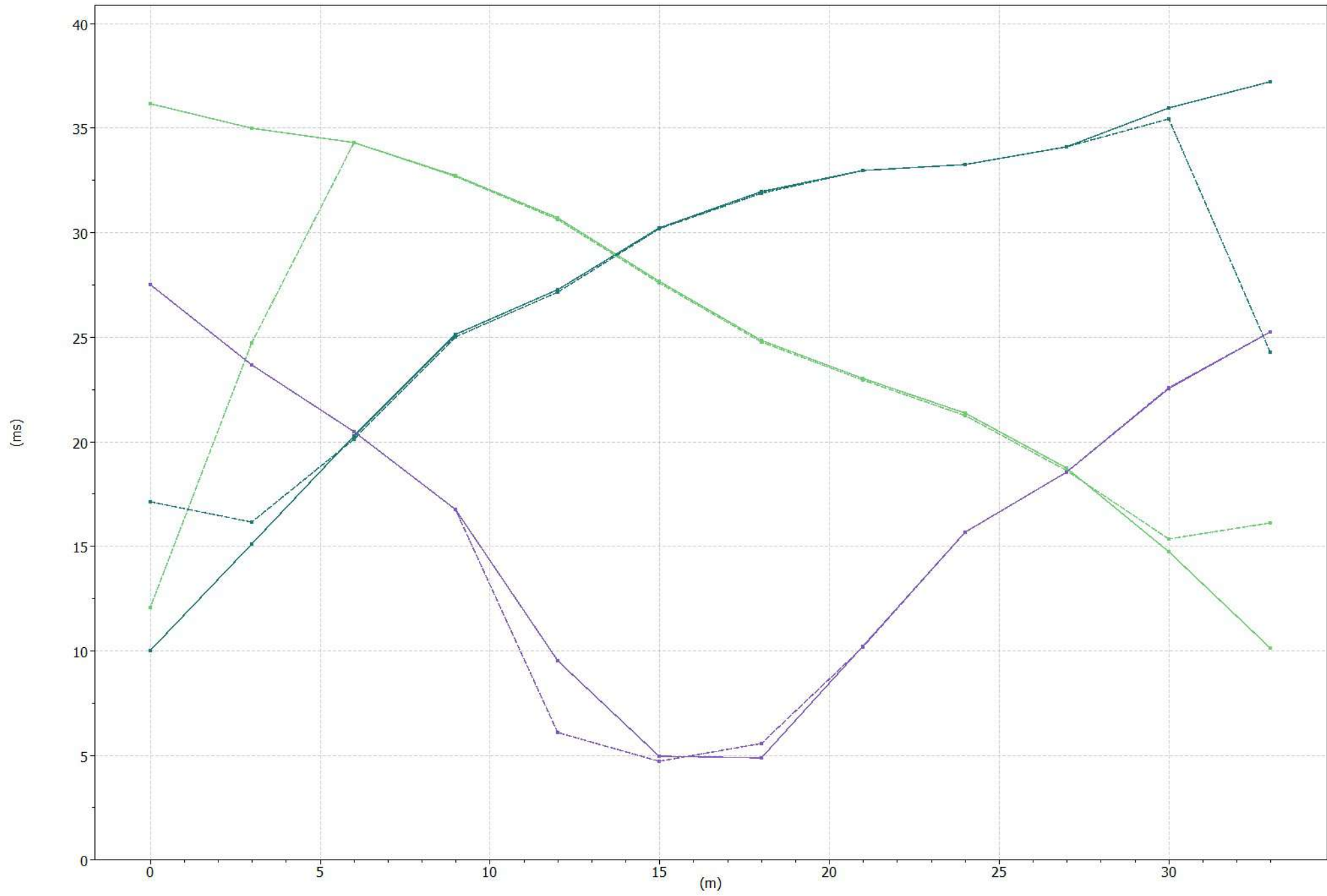


# Indagine geofisica tramite tecnica TOMOGRAFICA

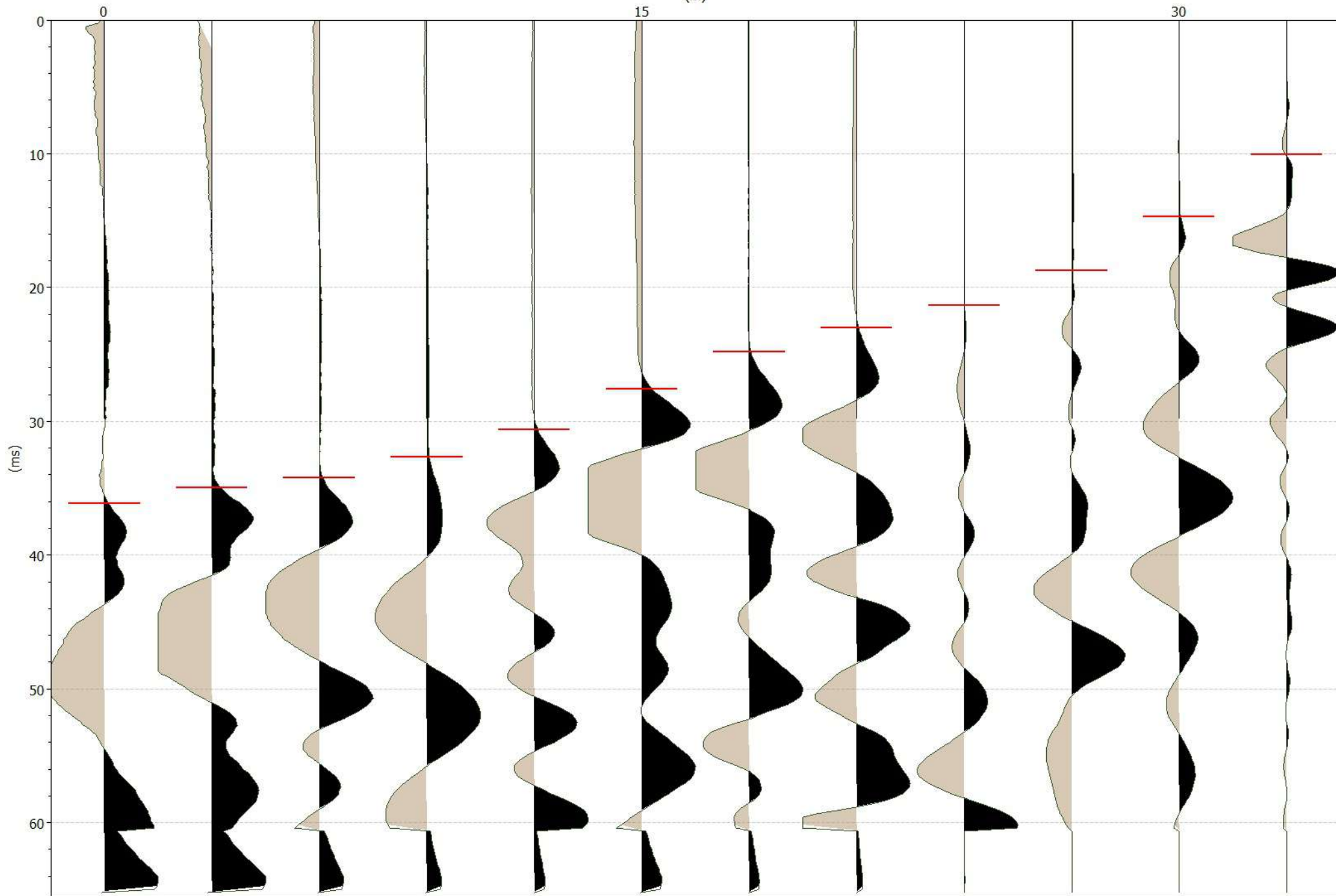
## Dati generali

<b>Committente</b>	Jumbo Market srl
<b>Cantiere</b>	Rideterminazione urbanistica
<b>Località</b>	Palermo – Via Mazzarello / Via Perpignano
<b>Operatore</b>	Zerilli Dott. Francesco
<b>Responsabile</b>	Zerilli Dott. Francesco
<b>Data</b>	09/2022 10:02

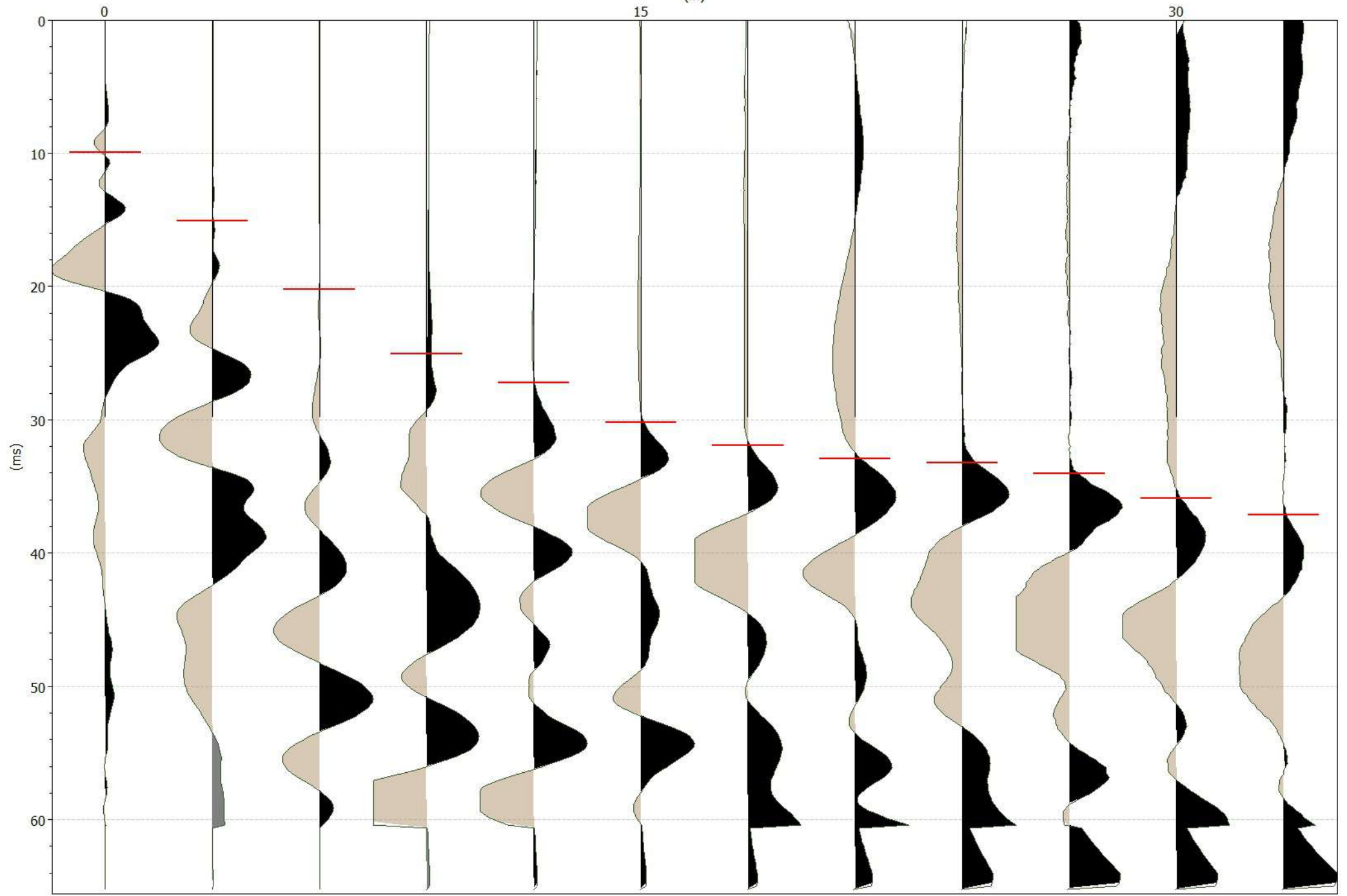




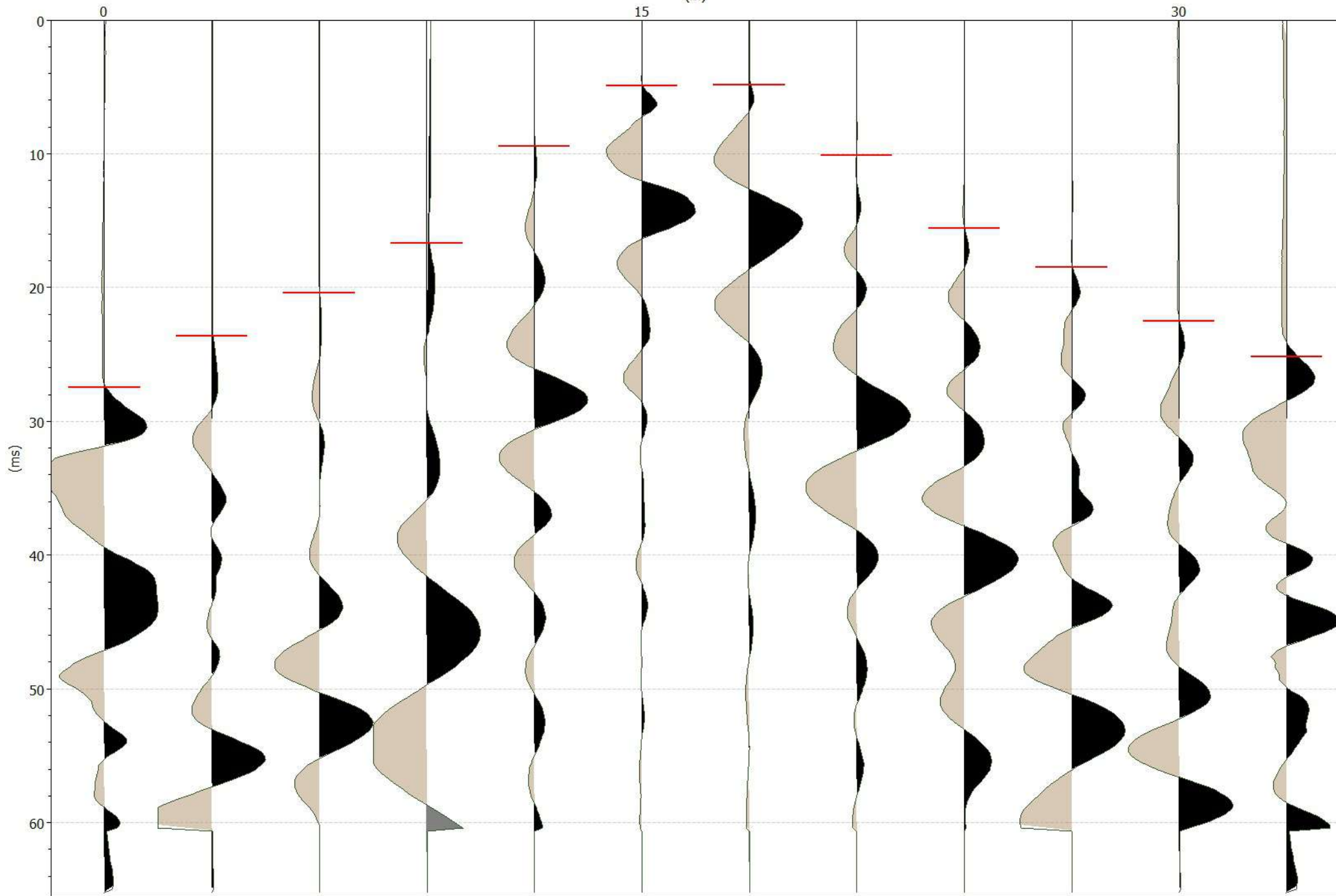
Shot position: -3  
(m)



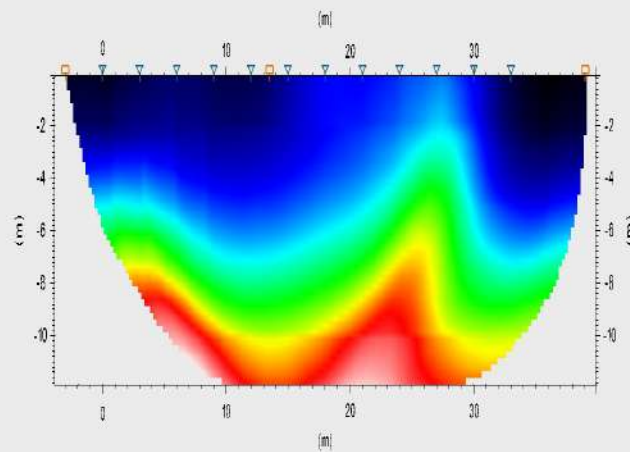
Shot position: 39  
(m)



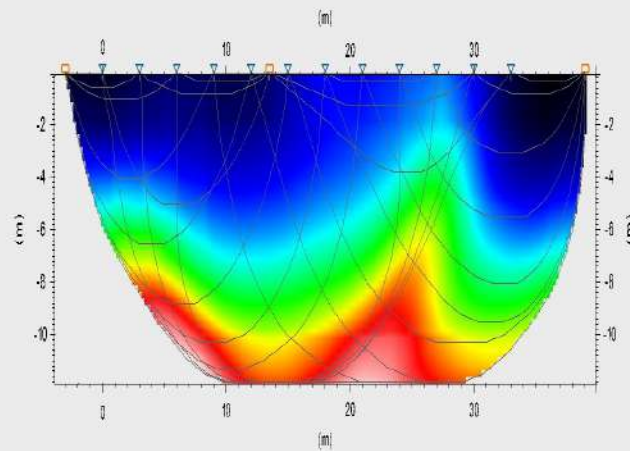
Shot position: 13.5  
(m)



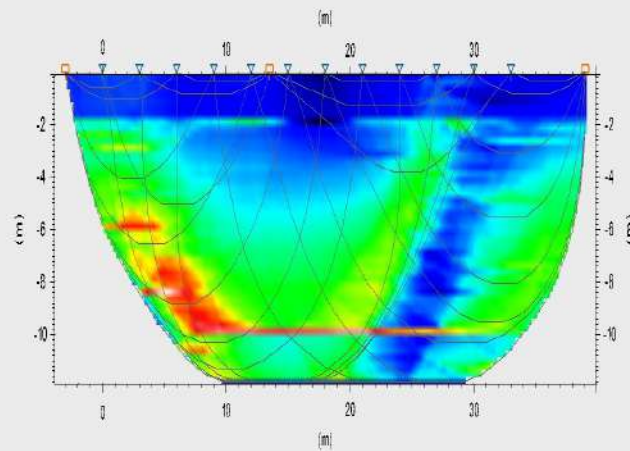
# Tomographic Profile - Velocity



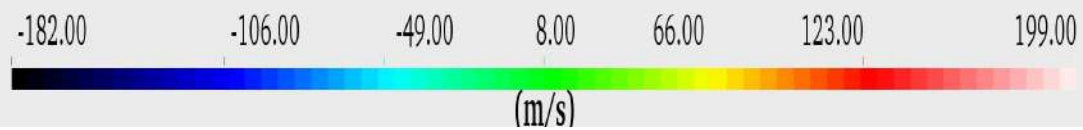
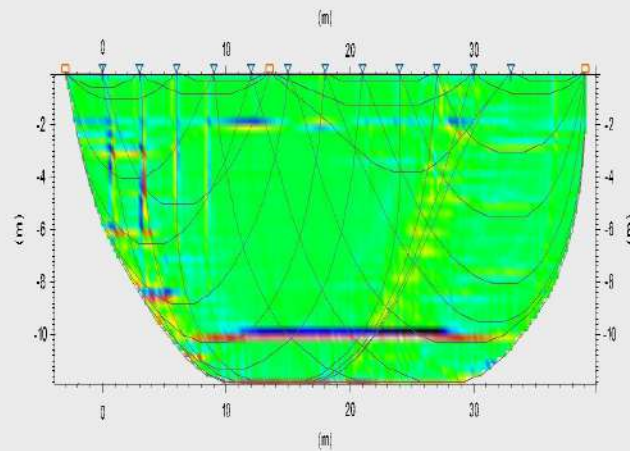
# Tomographic Profile - Velocity with Rays



# Tomographic Profile - Vertical Gradient with Rays

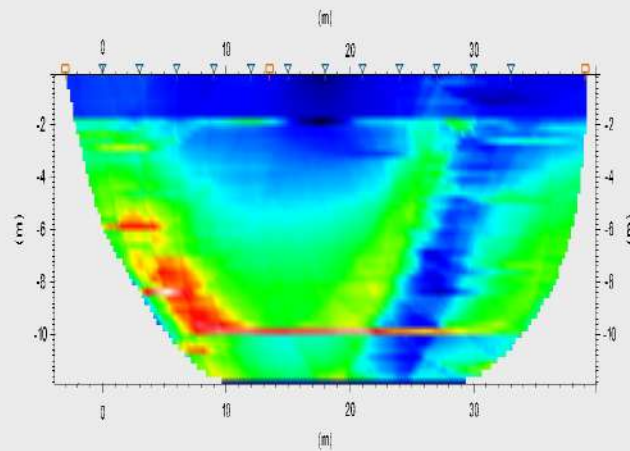


# Tomographic Profile - Laplacian Gradient with Rays

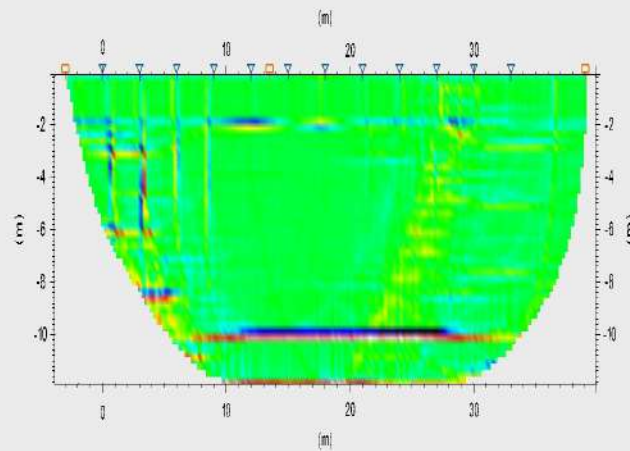




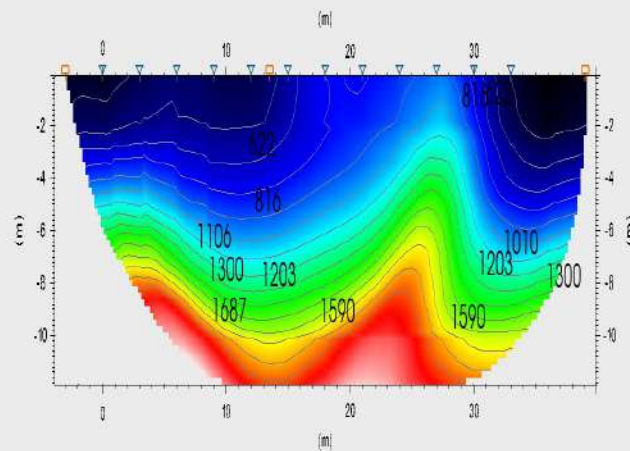
# Tomographic Profile - Vertical Gradient



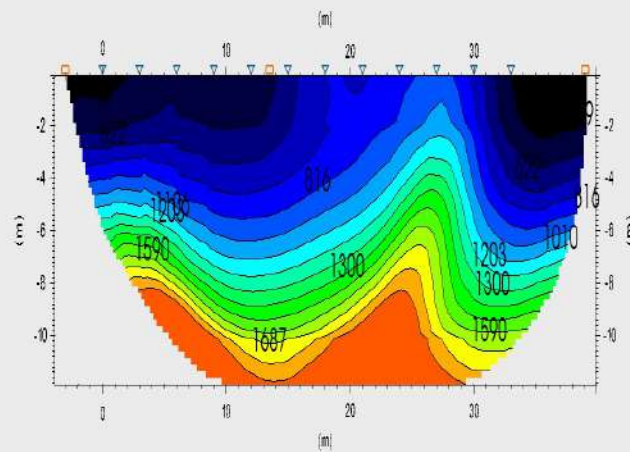
# Tomographic Profile - Laplacian Gradient



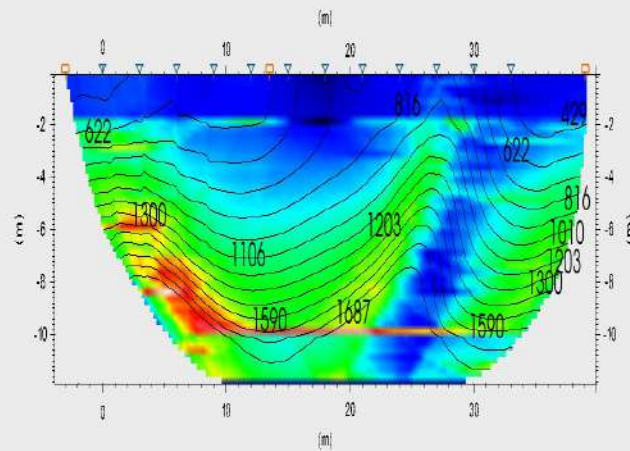
# Tomographic Profile - Velocity with Isolines



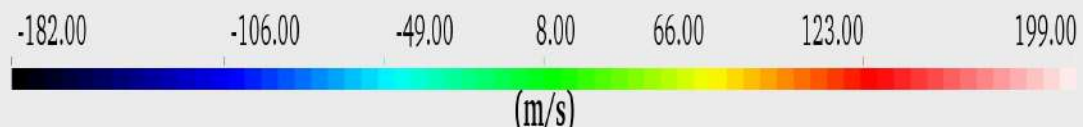
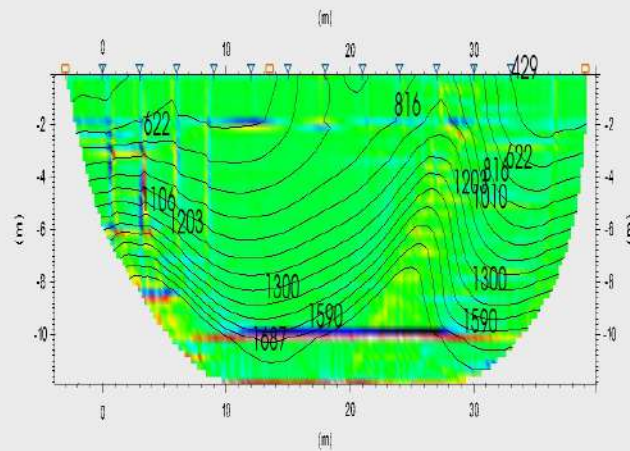
# Tomographic Profile - Velocity with Filled Isolines



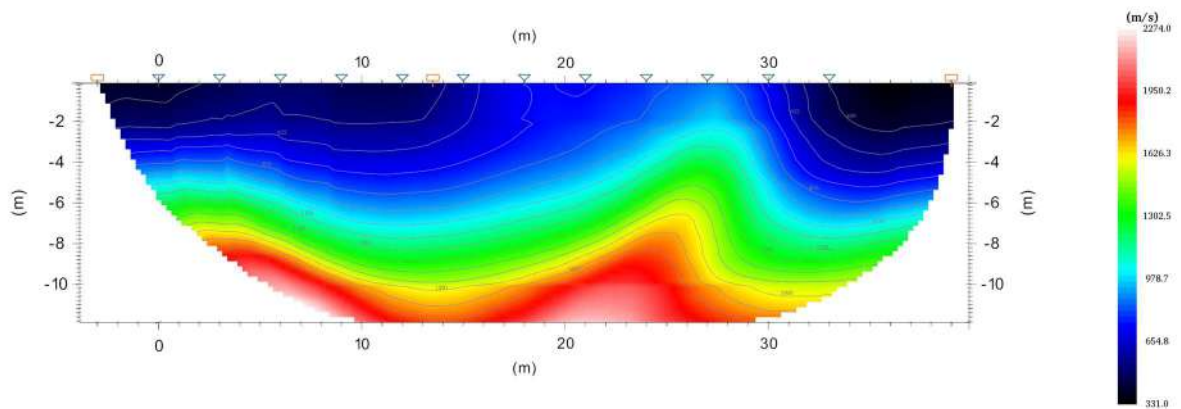
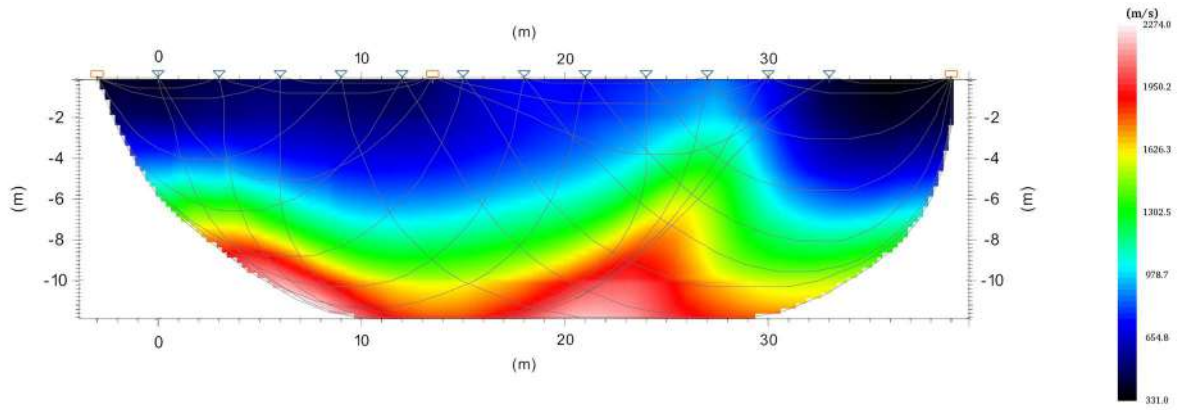
# Tomographic Profile - Vertical Gradient with Isolines



# Tomographic Profile - Laplacian Gradient with Isolines



ID:geophone#	X	Y	vaeriantesismi2rit.sg2	variantesismi2and.sg2	variantesismi2centro.sg2
0:0	0	0	0.0361173 0.0120396	0.00994435 0.0170982	0.0274851 0.027488
1:0	3	0	0.0349433 0.0246655	0.0150546 0.016112	0.0236178 0.0236165
2:0	6	0	0.0342527 0.0342484	0.020234 0.0200607	0.0204412 0.0204425
3:0	9	0	0.0326644 0.0326558	0.025068 0.0249466	0.016712 0.0167133
4:0	12	0	0.0306617 0.0306002	0.0272088 0.0271051	0.00946094 0.00603961
5:0	15	0	0.0276232 0.0275578	0.0301783 0.030121	0.00490311 0.0046739
6:0	18	0	0.0247918 0.0247226	0.0319048 0.0318515	0.00483406 0.00551679
7:0	21	0	0.0229963 0.0229099	0.0329406 0.0329371	0.0101515 0.0101325
8:0	24	0	0.0213389 0.0212126	0.0332169 0.0332183	0.0156071 0.0156185
9:0	27	0	0.0187147 0.0185631	0.0340456 0.0340416	0.0185075 0.0185109
10:0	30	0	0.0147093 0.0152984	0.0359101 0.0354088	0.0225129 0.0225169
11:0	33	0	0.0100825 0.0160615	0.0371532 0.0242376	0.0252062 0.0251941





# Indagine geofisica tramite tecnica MASW 1

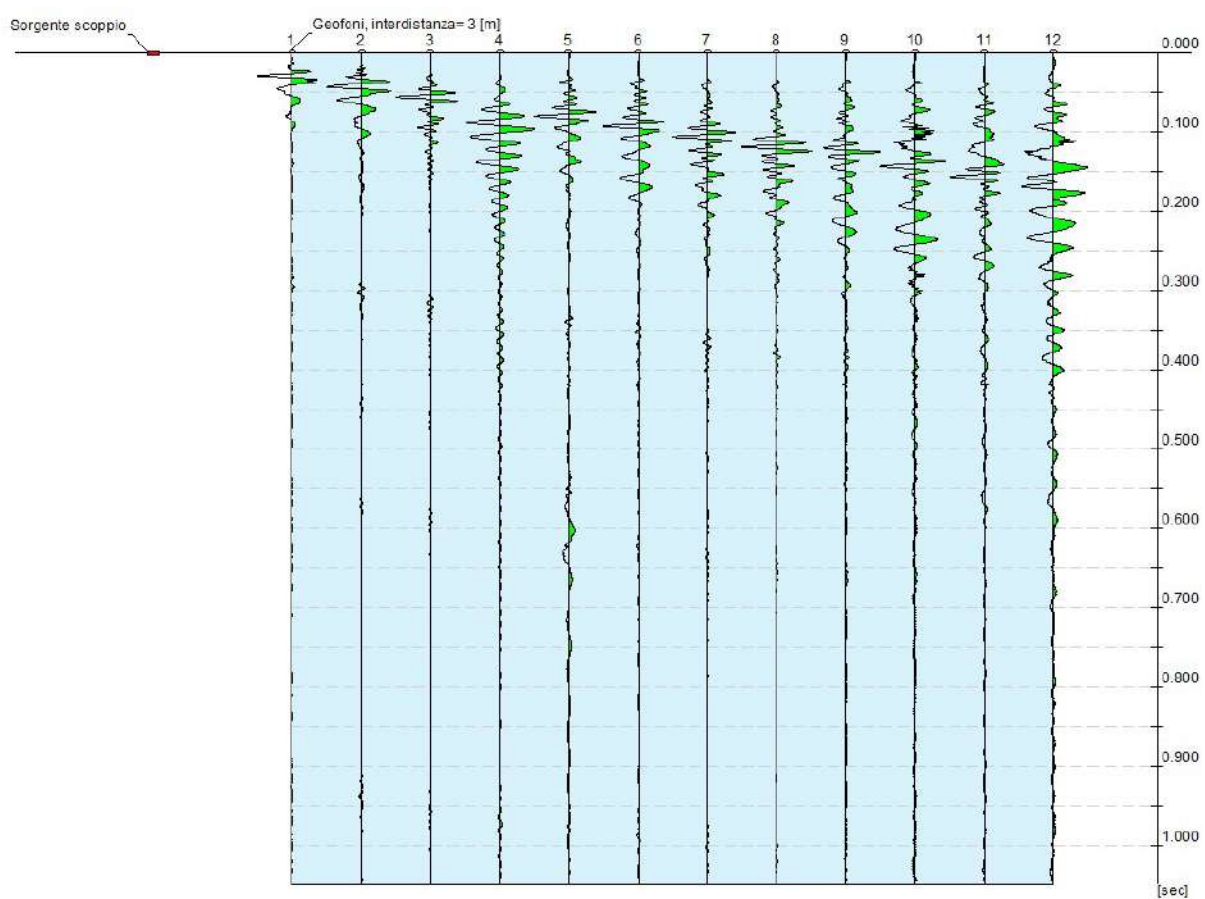


## Dati generali

<b>Committente</b>	Jumbo Market s.r.l.
<b>Cantiere</b>	Rideterminazione urbanistica area tra Via Santa Maria Mazzarello e Via Perpignano
<b>Località</b>	Comune di Palermo.
<b>Operatore</b>	Zerilli Dott. Francesco
<b>Data</b>	20/09/2022 11:46

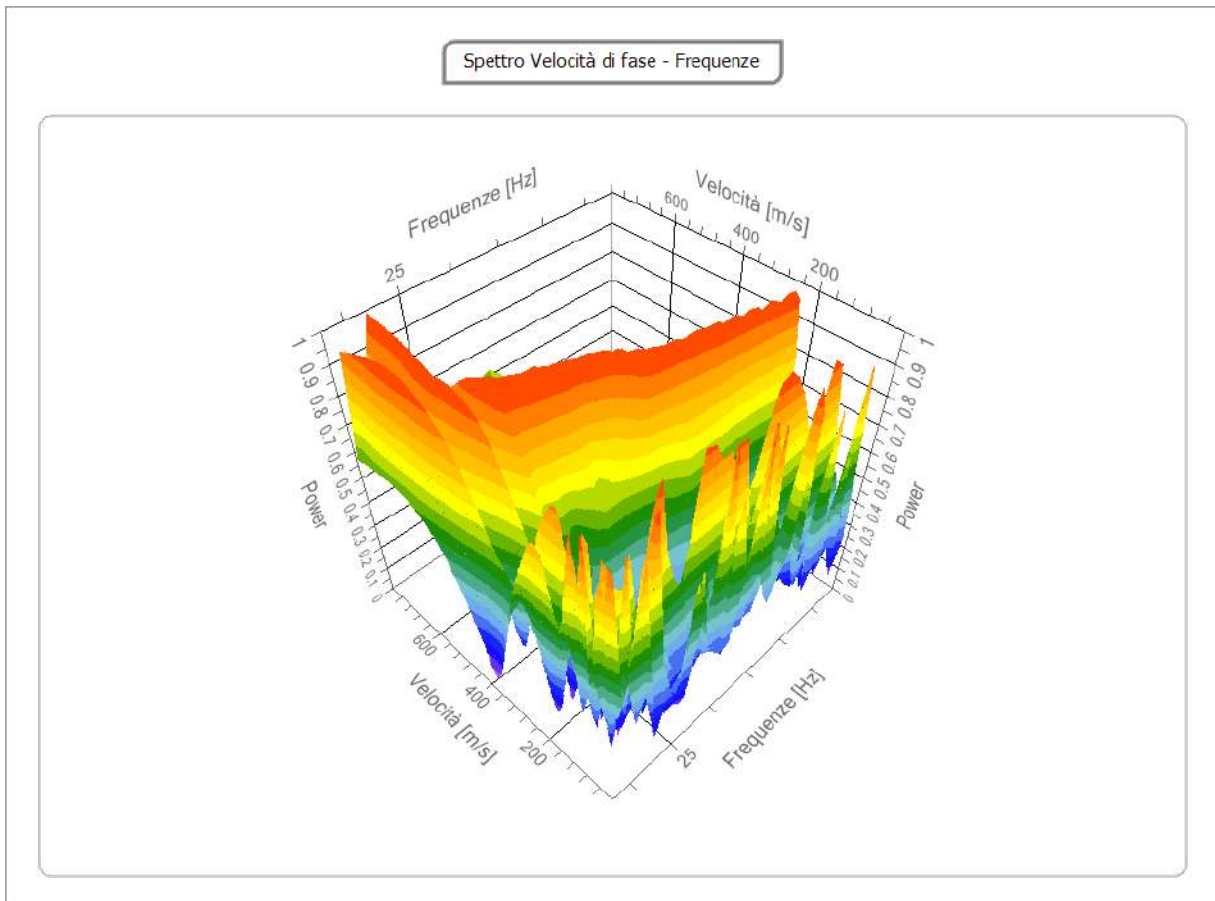
## Tracce

<b>N. tracce</b>	12
<b>Durata acquisizione [msec]</b>	1048.6
<b>Interdistanza geofoni [m]</b>	3.0
<b>Periodo di campionamento [msec]</b>	0.256



## Analisi spettrale

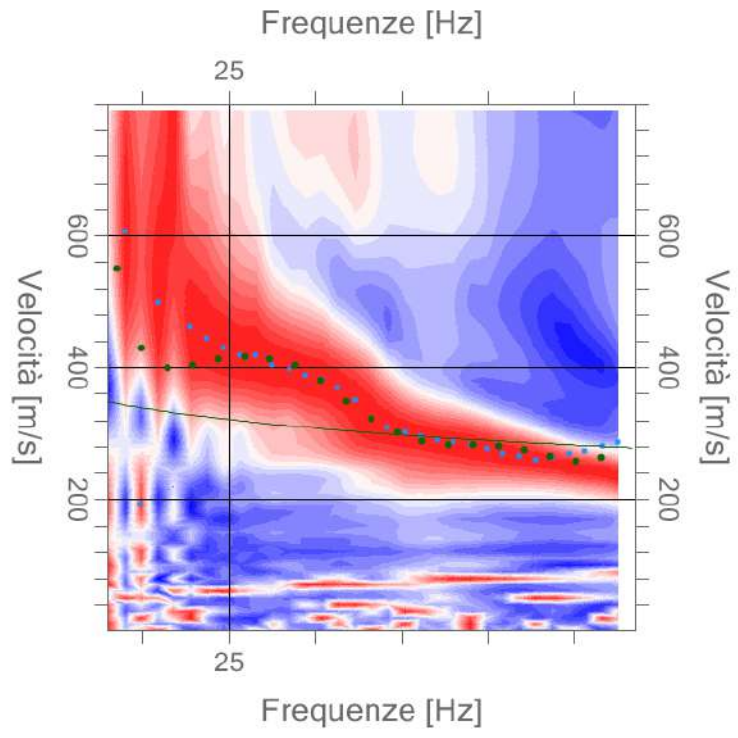
<b>Frequenza minima di elaborazione [Hz]</b>	18
<b>Frequenza massima di elaborazione [Hz]</b>	49
<b>Velocità minima di elaborazione [m/sec]</b>	1
<b>Velocità massima di elaborazione [m/sec]</b>	800
<b>Intervallo velocità [m/sec]</b>	1



### Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	18.5	549.8	0
2	20.0	428.9	0
3	21.4	398.9	0
4	22.9	403.6	0
5	24.4	412.2	0
6	25.9	416.5	0
7	27.4	413.5	0
8	28.8	403.7	0
9	30.3	380.1	0
10	31.8	349.2	0
11	33.3	321.4	0
12	34.8	300.8	0
13	36.2	288.4	0
14	37.7	283.3	0
15	39.2	281.9	0
16	40.7	280.2	0
17	42.1	274.8	0
18	43.6	265.6	0
19	45.1	258.5	0
20	46.6	263.9	0

Spettro Velocità di fase - Frequenze



### Inversione

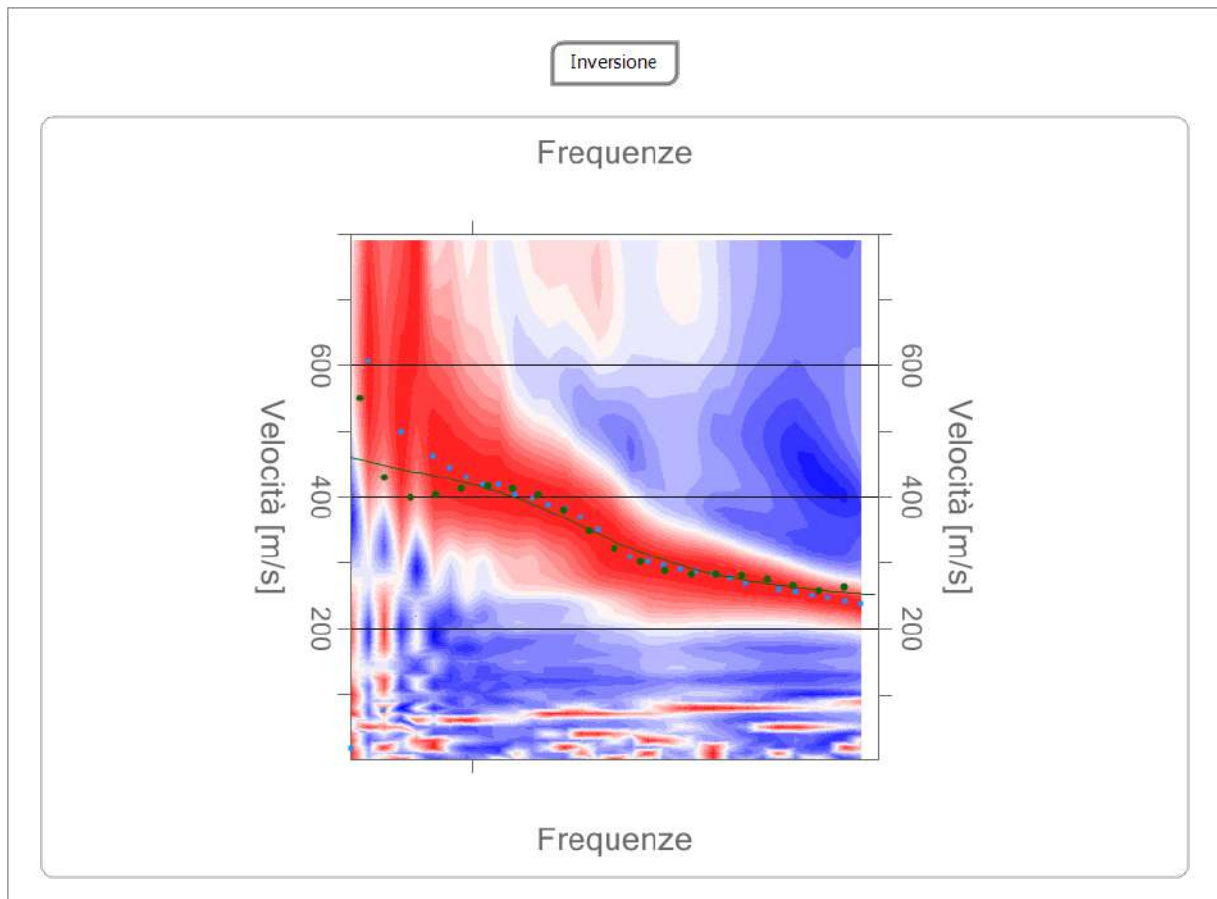
n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	1.81	1.81	599.4	244.7
2	3.06	1.24	518.5	249.1
3	4.86	1.80	967.6	464.8
4	9.30	4.44	1093.0	525.0
5	16.52	7.22	1069.3	550.1
6	23.79	7.27	1202.6	642.8
7	36.47	12.68	1216.0	650.0

Percentuale di errore

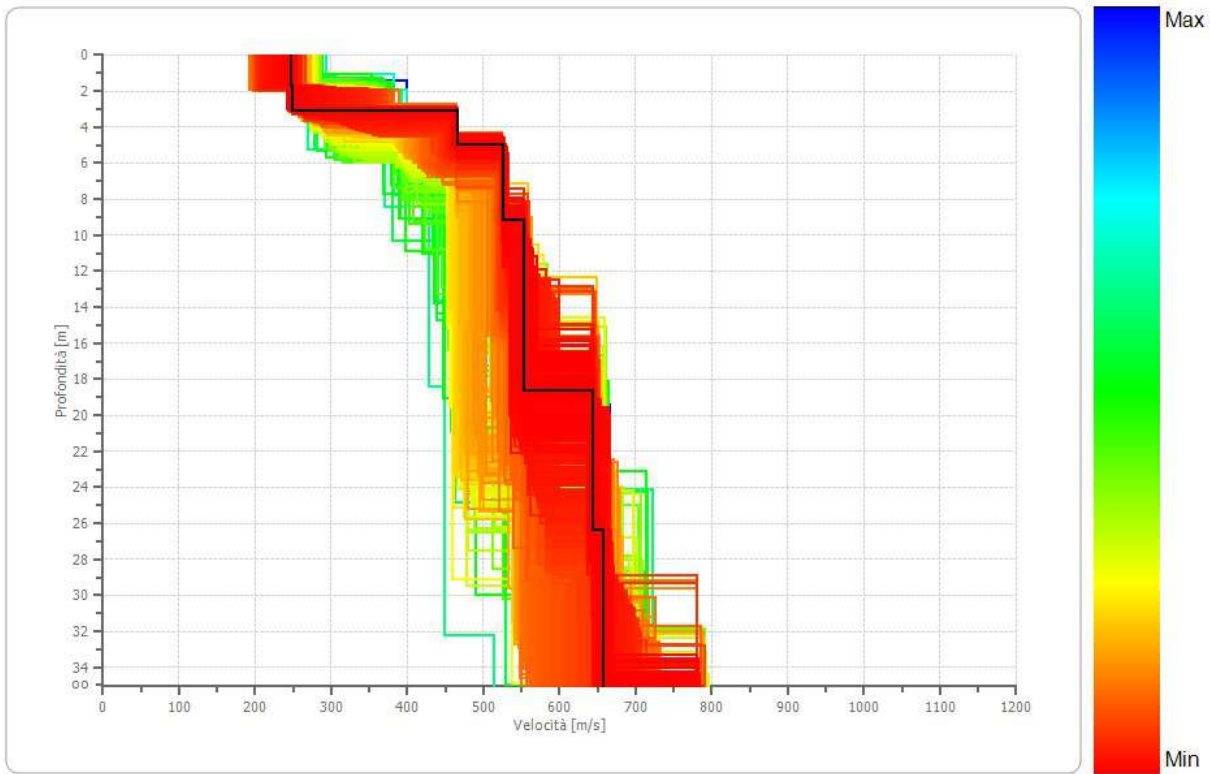
0.513 %

Fattore di disadattamento della soluzione

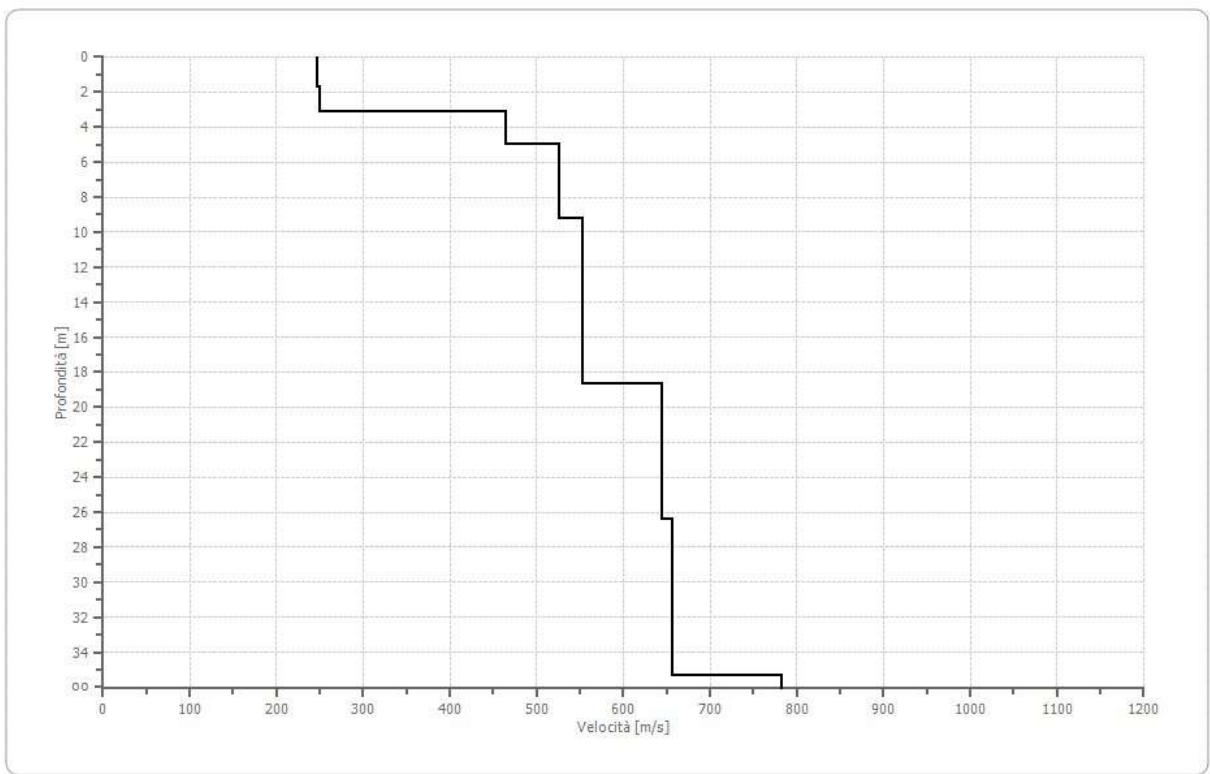
0.055

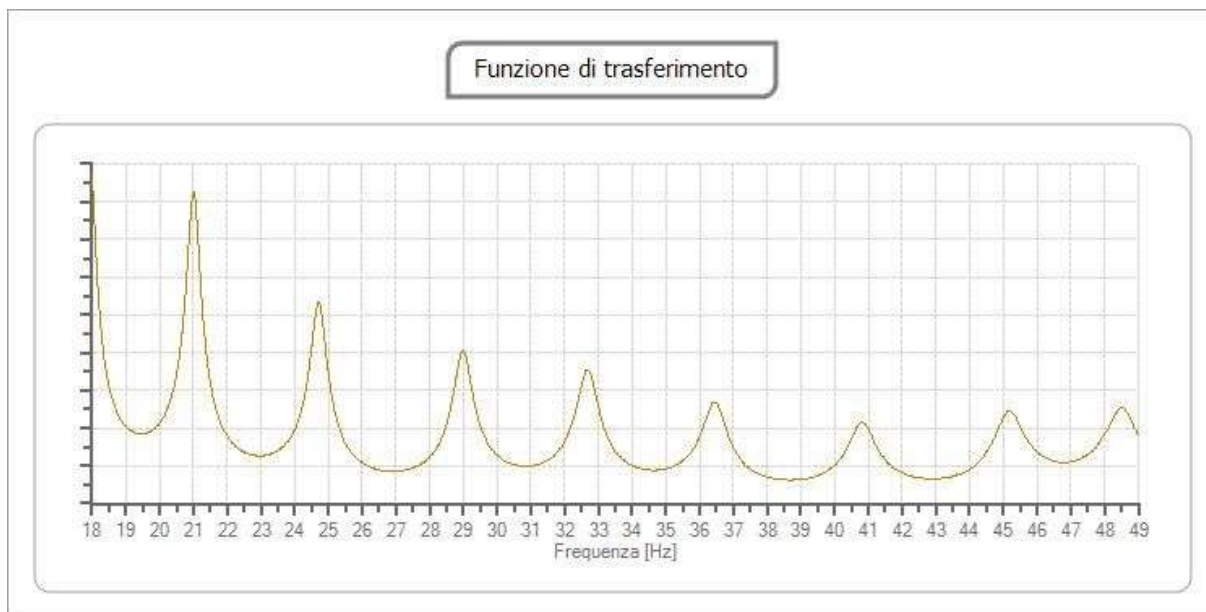


Profilo di velocità



Profilo di velocità





### Risultati

<b>Profondità piano di posa [m]</b>	0.00
<b>V<sub>Sequiv30</sub> [m/sec]</b>	510.85
<b>Categoria del suolo di fondazione NTC2018</b>	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*

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]
1	1.81	1.81	244.71	599.41
2	3.06	1.24	249.09	518.52
3	4.86	1.80	464.80	967.55
4	9.30	4.44	525.04	1092.97
5	16.52	7.22	550.13	1069.27
6	23.79	7.27	642.81	1202.58
7	36.47	12.68	649.99	1216.01



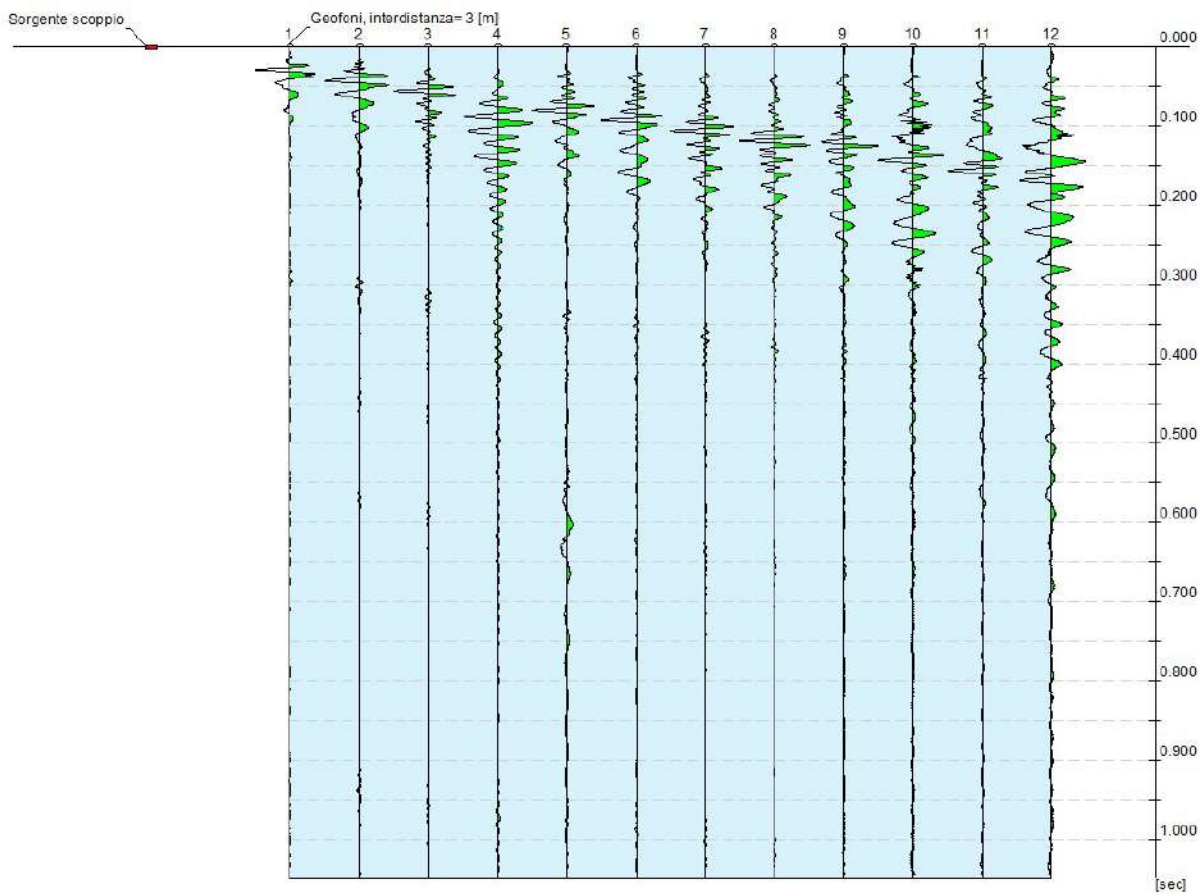
## Indagine geofisica tramite tecnica MASW 2



<b>Committente</b>	Jumbo Market s.r.l.
<b>Cantiere</b>	Rideterminazione urbanistica area tra Via Santa Maria Mazzarello e Via Perpignano
<b>Località</b>	Comune di Palermo.
<b>Operatore</b>	Zerilli Dott. Francesco
<b>Data</b>	20/09/2022 12:38

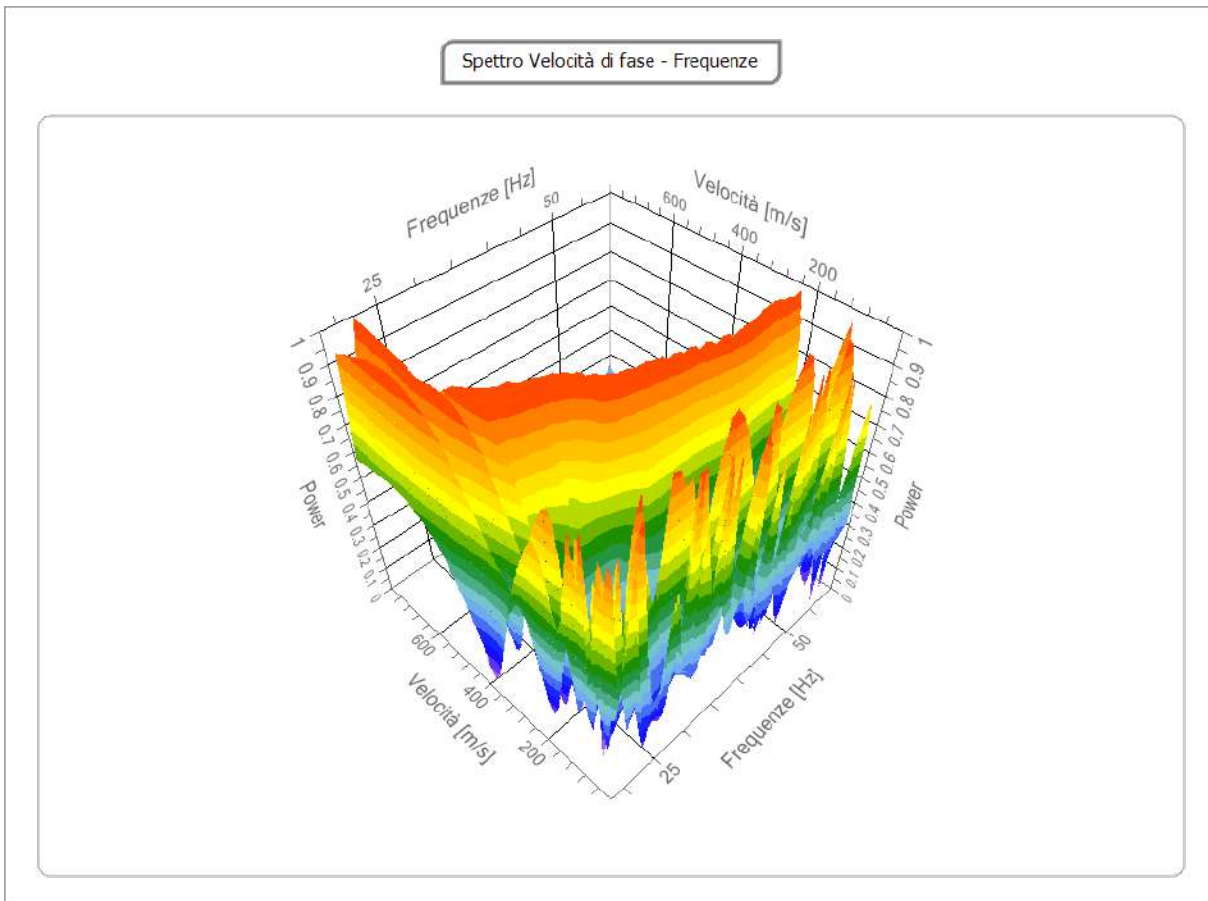
## Tracce

<b>N. tracce</b>	12
<b>Durata acquisizione [msec]</b>	1048.6
<b>Interdistanza geofoni [m]</b>	3.0
<b>Periodo di campionamento [msec]</b>	0.256



## Analisi spettrale

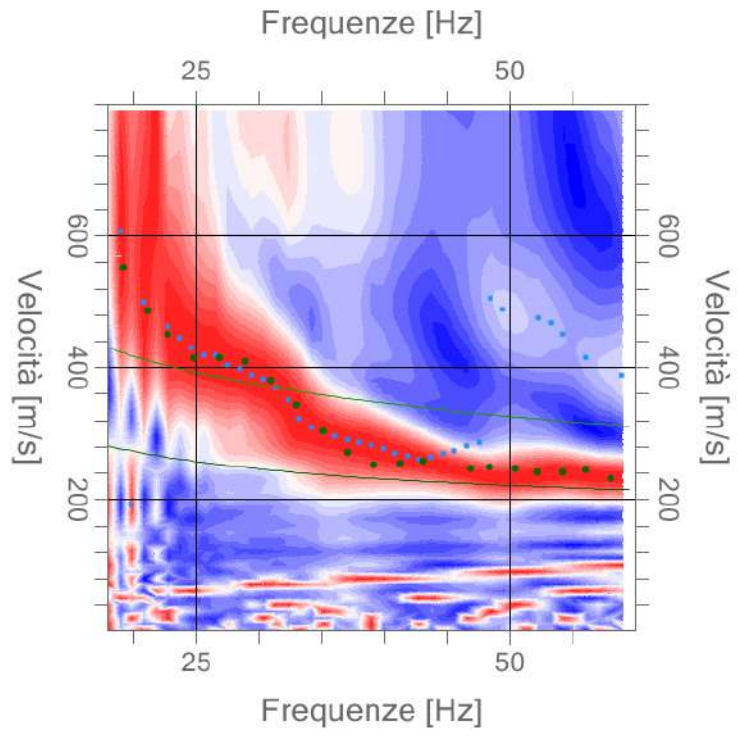
<b>Frequenza minima di elaborazione [Hz]</b>	18
<b>Frequenza massima di elaborazione [Hz]</b>	60
<b>Velocità minima di elaborazione [m/sec]</b>	1
<b>Velocità massima di elaborazione [m/sec]</b>	800
<b>Intervallo velocità [m/sec]</b>	1



### Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	19.1	552.2	0
2	21.1	486.7	0
3	22.8	451.1	0
4	24.8	414.1	0
5	26.9	415.5	0
6	28.9	408.5	0
7	31.0	380.9	0
8	33.0	343.1	0
9	35.1	303.5	0
10	37.1	271.0	0
11	39.2	253.1	0
12	41.2	253.8	0
13	43.2	258.7	0
14	46.9	246.8	0
15	48.4	248.8	0
16	50.5	246.8	0
17	52.2	240.9	0
18	54.2	240.9	0
19	56.1	244.9	0
20	58.1	231.0	0

Spettro Velocità di fase - Frequenze



### Inversione

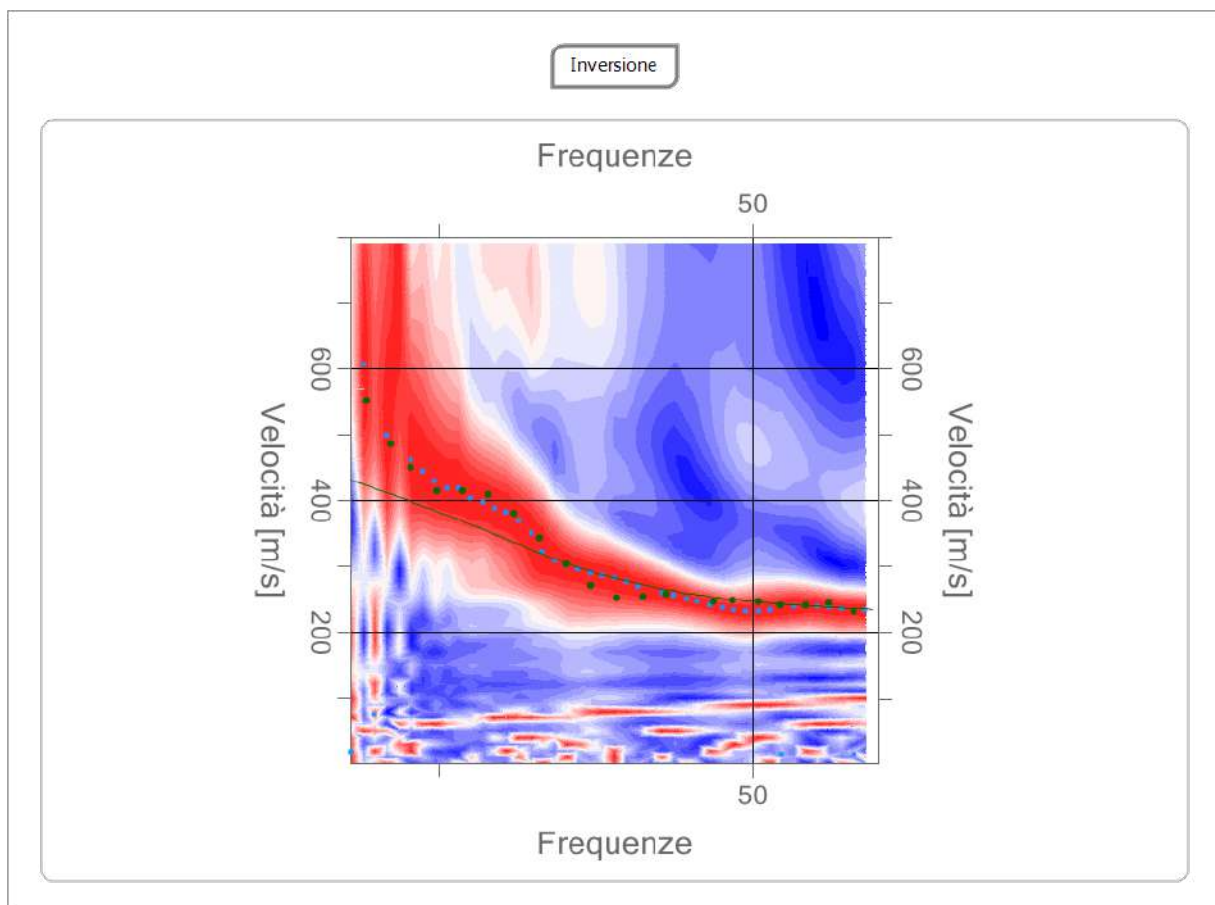
n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	1.03	1.03	444.5	237.6
2	2.34	1.31	447.6	239.3
3	3.86	1.52	669.9	358.1
4	6.38	2.52	871.8	466.0
5	11.38	5.00	995.2	532.0
6	41.09	29.72	1097.8	586.8

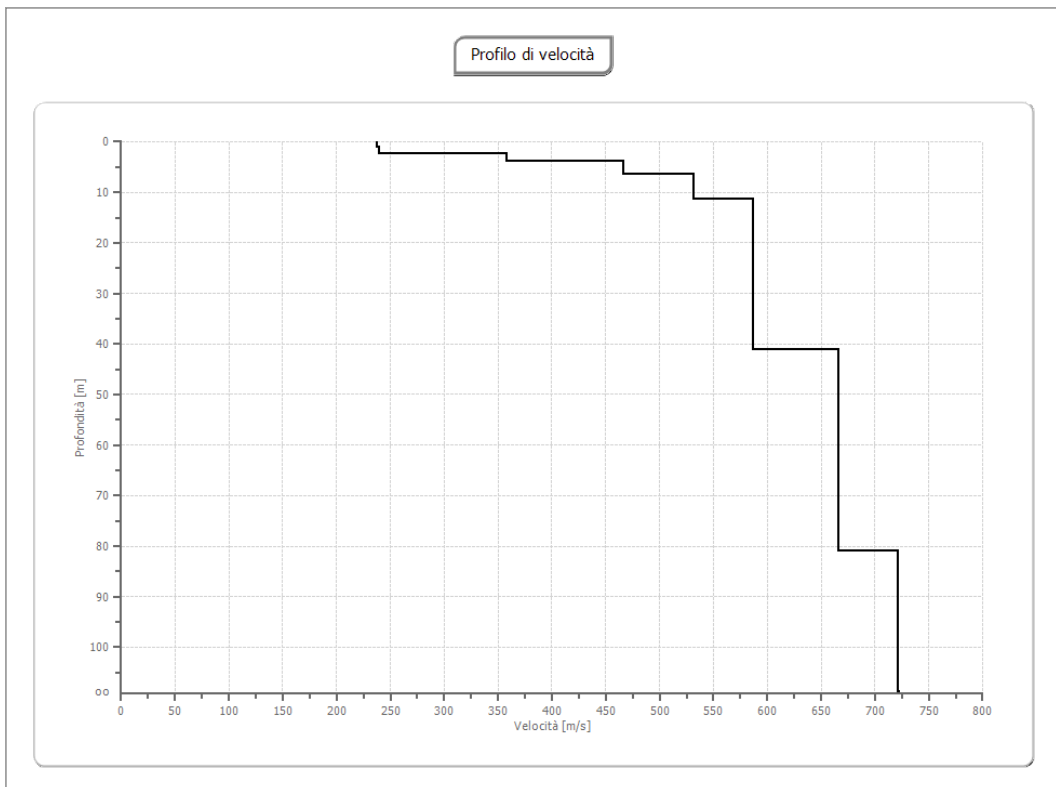
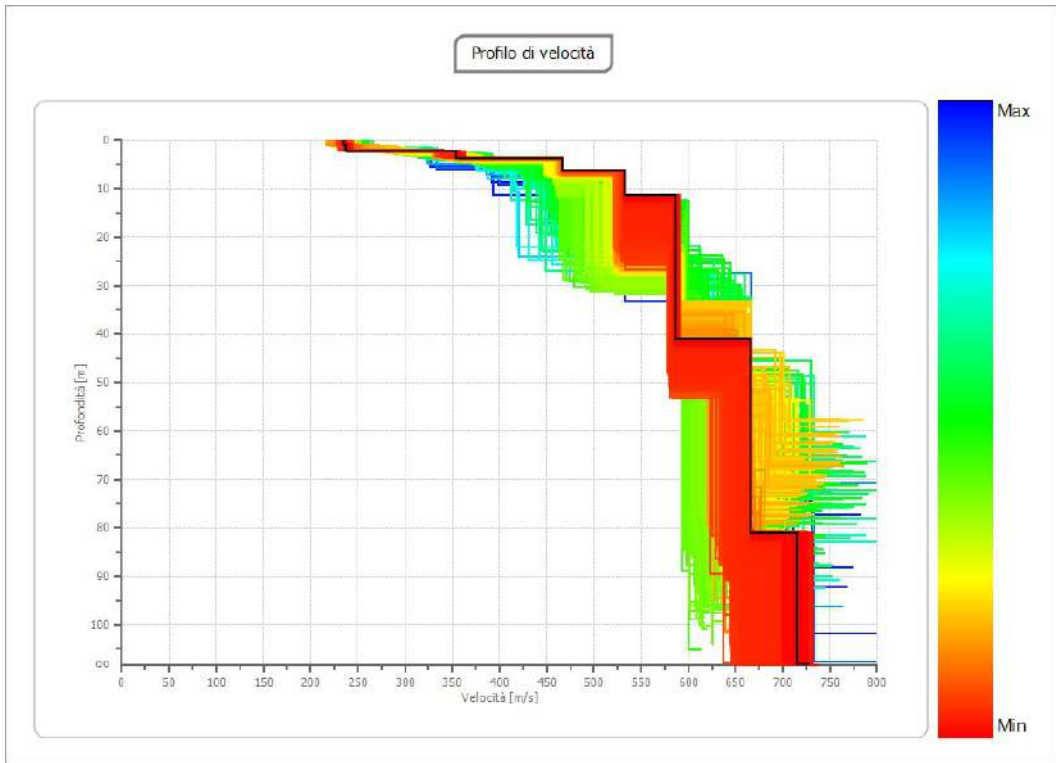
Percentuale di errore

1.556 %

Fattore di disadattamento della soluzione

0.093





<b>Risultati</b>	
<b>Profondità piano di posa [m]</b>	0.00
<b>V<sub>Sequiv,30</sub> [m/sec]</b>	495.17
<b>Categoria del suolo di fondazione NTC 2018</b>	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*

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]
1	1.03	1.03	237.58	444.48
2	2.34	1.31	239.26	447.61
3	3.86	1.52	358.07	669.89
4	6.38	2.52	466.01	871.82
5	11.38	5.00	531.95	995.19
6	41.09	29.72	586.78	1097.76