

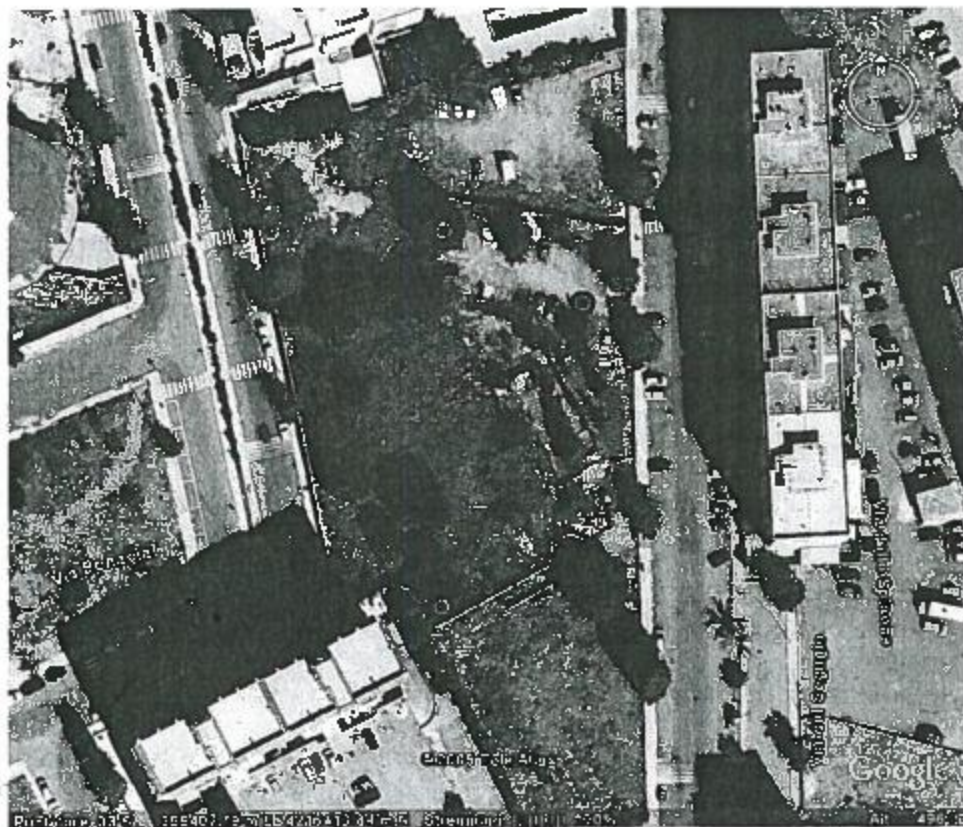


COPIA CONFORME ALL'ORIGINALE  
 Ing. Luigi Di Lorenzo  
 Settore Urbanistica ed Edilizia  
 Comune di Palermo

**COMUNE DI PALERMO**  
**SETTORE URBANISTICA ED EDILIZIA**

**CENTRO POLIFUNZIONALE PER MINORI IN LOCALITA' BONAGIA**

**RELAZIONE GEOLOGICA**



Il Geologo  
 Dott. Vincenzo Giambruno

Il R.U.P.  
 Arch. Federico Lazzaro

Parete Tecnico ai sensi dell'art. 7bis  
 comma 1 della legge 109/94 coordinata  
 con la L.R. 7/02 e 7/03

n: 13 del 23 LUG 2010  
 Il R.U.P.

Ing. Luigi Di Lorenzo



Palermo febbraio 2009



## COMUNE DI PALERMO

### **CENTRO POLIFUNZIONALE PER MINORI IN LOCALITA' BONAGIA**

#### **I. Premessa**

L'Amministrazione Comunale di Palermo intende realizzare un Centro Polifunzionale per Minori in località Bonagia.

Il Centro sorgerà in area destinata dal vigente strumento urbanistico a zona IC5. Tali zone IC5 comprendono le attrezzature di interesse comune quali "Centri sociali e sanitari, presidi sanitari e medicina di base".

Il progetto prevede la realizzazione di:

una superficie coperta a piano terra pari a circa 700 m<sup>2</sup>;

un ampio parcheggio;

un vasto spazio da piantumare pari ad almeno il 60% dell'area.

La redazione del progetto dell'opera suddetta è stata affidata agli Uffici Tecnici dell'Amministrazione Comunale e lo scrivente, Dott. Geologo Vincenzo Giambruno, ha curato l'aspetto geologico connesso alla realizzazione di tali lavori.

Nella presente relazione lo scrivente riferisce sui risultati degli studi svolti. In particolare, si illustrano l'inquadramento geologico generale, la situazione geomorfologica ed idrogeologica del circondario in cui ricade l'area in esame, la successione litostratigrafica.

Lo studio, sviluppato secondo le indicazioni della normativa vigente in materia, è stato svolto sulla base degli elementi raccolti nel corso del rilevamento di

superficie, dei dati riportati nello studio geologico del P.R.G. di Palermo e delle indagini dirette mediante l'esecuzione di n° 3 sondaggi meccanici.

## **2. Inquadramento Geografico e Lineamenti Geologico - Strutturali**

L'area interessata ricade alla periferia sud-ovest del centro abitato di Palermo; esso si localizza ad una quota media di circa 60,00 m.s.l.m.

Nello specifico è compresa, tra la via del Segugio ad est, la via Papa Giovanni ad ovest, la via Guido Rossa a sud e la via del Bassotto a nord.

L'allegato corografico, stralciato da una copertura aerofotogrammetrica in scala 1: 10.000, evidenzia la zona interessata dalle opere di progetto.

La descrizione dei caratteri geologico-strutturali è stata effettuata sulla base di informazioni ricavate dal rilevamento geologico di un'ampia area circostante la zona interessata dall'intervento, tenendo conto della bibliografia geologica relativa alla zona in analisi, nonché delle risultanze della campagna geognostica eseguita in questa fase.

Le valutazioni sopraccitate, hanno consentito l'individuazione in una ampia zona, rispetto all'area di intervento, di una unità litostratigrafica, notoriamente conosciuta ormai nella letteratura geologica con il nome di Calcarenite di Palermo, affiorante in quasi tutta la Piana; essa è conosciuta anche con il termine improprio di "Tufo".

La Piana di Palermo si affaccia sul Mar Tirreno con la sua forma tipica a mezzaluna, sviluppatasi in senso grosso modo N-S ed W-E parallelamente alla costa ed è limitata verso l'interno da una serie di rilievi montuosi, noti in letteratura geologica con il nome di "Monti di Palermo", i quali si ergono improvvisi con una netta rottura di pendenza.

Quest'ultimi costituiscono una porzione occidentale della Catena Maghrebide siciliana e sono costituiti, a loro volta, da una serie di unità tettoniche derivanti da una fase deformativa compressionale, che ne ha determinato la sovrapposizione reciproca.

Le diverse Unità Stratigrafico Strutturali, caratterizzanti questo settore dell'orogene sono costituite da successioni carbonatiche e carbonatiche-terrigene di età mesozoica-terziaria, derivanti dalla deformazione dei Domini Panormide e Imerese.

A seguito della tettonica recente, gli originari contatti geometrici tra gli ammassi rocciosi, che costituiscono l'ossatura dei Monti di Palermo, sono stati ripresi ed ulteriormente dislocati.

L'orogene, infatti, è interessato da vari sistemi di faglie, con direzioni prevalenti N-S, NW-SE e NE-SW, che hanno coinvolto l'edificio tettonico già strutturato, dando luogo ad una serie di alti e bassi morfostrutturali.

In corrispondenza della Piana di Palermo, invece, questo complicato assetto geologico-strutturale è mascherato dalla presenza, con spessori variabili, del complesso calcarenitico-sabbioso del Quaternario.

Risulta evidente che la natura geologica e strutturale del substrato del complesso calcarenitico-sabbioso sia complesso e non facilmente schematizzabile, in quanto risente dell'intricata geometria dei Monti che circondano la Piana.

Infatti, i litotipi carbonatici di età mesozoica oltre a costituire i rilievi che circondano la Piana, sono rinvenibili nel sottosuolo al di sotto di più o meno spesse coperture calcarenitiche specialmente lungo le zone pedemontane; inoltre, le calcareniti, lungo il perimetro della Piana ricoprono la formazione terziaria argillo-marnoso-quarzarenitica del Flysch Numidico.

La formazione del Flysch Numidico, nota localmente come "Ginolfo", in genere costituisce il substrato dei depositi quaternari, caratterizzato da una morfologia abbastanza irregolare con gradini di origine tettonica variamente distribuiti, sino ad affiorare in superficie.

Per lo più nel settore settentrionale della Piana la morfologia del tetto del substrato flyschoidale, è abbastanza regolare; invece, nel settore meridionale il tetto del substrato argilloso-arenaceo è alquanto irregolare a causa, anche, dei vari corsi d'acqua che hanno eroso i rilievi emersi producendo cospicui apporti solidi a valle.

Nelle zone (Guadagna, Brancaccio, Romagnolo Settecannoli), le calcareniti poggiano sul complesso argillo-sabbioso del Pleistocene inferiore, noto in letteratura scientifica come "argille grigio-azzurre".

Gli altri terreni presenti nella Piana, sono costituiti da depositi continentali recenti (detriti di falda, colluvioni, travertini, depositi alluvionali) e terreni di riporto.

### 3. Geologia e Geomorfologia

#### 3.1 Evoluzione geomorfologica della Piana di Palermo

Il territorio comunale di Palermo ha un'estensione di circa 160 Km<sup>2</sup>, con uno sviluppo costiero di circa 30 Km. Di questa superficie, ben 130 Km<sup>2</sup> sono occupati dalla piana omonima, cinta da una catena pressoché continua.

I monti attorno la piana raggiungono un'altezza media di circa 900 m.s.l.m.; la morfologia generale dei rilievi è caratterizzata da elevati valori di pendenza dei versanti.

I suddetti versanti, per lo più di natura calcareo-dolomitica, presentano caratteri morfologici tipici controllati dagli eventi tettonici, di cui si è fatto cenno, che risulta nel suo complesso il principale agente morfoevolutivo, determinando quelle forme aspre e acclive rimodellate poi dalla dinamica esogena.

Infatti, i rilievi sono caratterizzati da forme aspre ed accidentate, con spuntoni e prismi di roccia e rotture di pendenze frequenti e brusche, riconducibili a linee tettoniche riprese nel corso dell'evoluzione morfo-strutturale dai processi esogeni.

La continuità morfologica dei rilievi, spesso, è interrotta dalla presenza di incisioni fluviali, certe volte piuttosto incassate e rettilinee, impostate generalmente su linee di debolezza meccanica.

In tali incisioni i deflussi idrici si concentrano occasionalmente a seguito di piogge intense.

Lungo i versanti carbonatici oltre al modellamento fluvio-denudazionale si combina quello carsico.

Le rocce calcaree sono oggetto di processi di dissoluzione chimica da parte delle acque dilavanti, sia in superficie che nel sottosuolo, ad opera delle acque di infiltrazione.

Nelle zone pedemontane i versanti molto acclivi, a tratti, sub-verticali si raccordano alla Piana attraverso ampie falde di detrito, dove si concentrano i prodotti della degradazione meccanica.

La morfologia della Piana di Palermo è caratterizzata, invece, da una generale regolarità, con valori di pendenza dell'ordine dei 10-15°; essa rappresenta il risultato, sia dell'azione del mare quaternario, sia di quella dei corsi d'acqua che la incidavano più o meno profondamente.

L'intero territorio risulta costituito da una serie di pianori e piccole piane, che si sviluppano da pochi metri sul livello del mare sino ad un centinaio di metri, raccordandosi con leggere rotture di pendenze.

La città di Palermo poggia, quindi, su questo vasto terrazzo geomorfologico costituito prevalentemente da un orizzonte di sedimenti calcarenitici ben stratificati, la cui origine è legata ad eventi tettonici ed eustatici di età relativamente recente.

Infatti, il profilo della costa ed il modellamento della pianura palermitana si possono approssimativamente collocare alla fine dell'interglaciale Riss-Wurm, periodo di minima espansione delle calotte glaciali in Europa e di massima altezza del livello dei mari. Il lento scioglimento dei ghiacciai produsse nell'Era Quaternaria l'ultima importante invasione marina, nota come "trasgressione Tirreniana". Successivamente durante la 3° fase della glaciazione Wurmiana (25.000/18.000 anni fa) si verificò l'ultimo sensibile abbassamento del livello del mare che scese di circa 120 metri.

Si è concordi nell'ammettere che al modellamento della costa palermitana abbiano contribuito, anche gli interramenti alluvionali dei vecchi corsi d'acqua a carattere torrentizio e cioè del Kemonia, Papireto e il Passo di Rigano che qui avevano la loro foce nonché i depositi del Fiume Oreto; a questi vanno aggiunti



gli effetti erosivi e di accumulo delle correnti litorali e, in misura non trascurabile, gli interventi dell'uomo.

La maggior parte delle cavità presenti nel sottosuolo sono state create dall'attività dei cavaatori che hanno trasformato gli strati calcarenitici, continui e senza vuoti in origine, in un'intrinseca successione di cunicoli e gallerie denominate inizialmente con l'etimo arabo "muchate" e successivamente "pirrere".

### 3.2 Caratteristiche Geologiche dell'area d'interesse

Per l'inquadramento geologico d'insieme, è stato condotto il rilevamento geologico di superficie, su un supporto acrofotogrammetrico, in scala 1: 5.000.

Il rilevamento, esteso ad una significativa zona circostante l'area interessata, dalle opere di progetto, ha permesso tramite il riconoscimento macroscopico dei campioni, la differenziazione delle formazioni affioranti, la loro mappatura e, quindi, la stesura della carta geologica allegata.

Si riportano, qui di seguito, sulla base dello schema stratigrafico-strutturale precedentemente esposto, in maniera sintetica, dal basso verso l'alto, la successione dei terreni presenti nell'area in studio:

- l'Unità calcareo-dolomitico e silico-marnoso del Mesozoico;
- l'Unità calcarenitica-sabbiosa del Pleistocene inferiore;
- Terreni di copertura costituiti da detriti di falda e di riporto.

Unità calcareo-dolomitica e silico marnosa (Lias inferiore- Cretaceo superiore)

Affiorano nell'area in studio, all'estremità SE dell'area rilevata, lungo le pendici nord-occidentale di Monte Grifone; si tratta in prevalenza di rocce carbonatiche, costituite da calcarei e calcari dolomitici, radiolariti e marne a

radiolari, con intercalazioni di breccie dolomitiche risedimentate, appartenenti all'Unità Stratigrafica Strutturale Sagana - Belmonte Mezzano derivanti dalla deformazione del Bacino Imerese.

I suddetti litoidi si presentano, spesso, fessurati con giunti diversamente orientati e con spaziatura dei giunti variabile da pochi millimetri al metro lineare.

#### Unità calcarenitico-sabbioso (Pleistocene inferiore)

Per quanto riguarda l'unità calcarenitica-sabbiosa, che costituisce il sottosuolo della maggior parte del tessuto urbano di Palermo, dettagliati studi effettuati su tale unità, hanno consentito di riconoscere diversi tipi litologici ma tutti riconducibili a due tipi fondamentali: le "calcareniti bianche" affioranti nella parte Nord della Piana e le "calcareniti gialle" occupanti la rimanente parte Sud e SE della Piana di Palermo.

Nell'area in studio, quest'ultima unità "calcarenite gialla" costituisce il sottosuolo, mascherata in superficie da una coltre limi sabbiosi rossastri, a tratti, frammissi a terreni di riporto.

Le calcareniti gialle sono costituite da clasti detritici di natura carbonatica, da tritume fossile e subordinamente da un modesto contenuto in quarzo detritico variabile da luogo a luogo, ma sempre riconoscibile negli affioramenti.

Abbondanti risultano i macrofossili, principalmente Pectnidi, Serpulidi, valve e modelli interni di Gasteropodi, etc..

La stratificazione è poco evidente o del tutto assente; nei casi in cui la stratificazione è visibile, gli strati presentano una giacitura suborizzontale o pendenze massime di 10-14° verso Est.

In tale unità calcarenitica sono possibili diverse suddivisioni di litofacies, essendo notevoli le variazioni laterali e verticali.

Le "calcareniti gialle" possono essere grossolane, cavernose, ben cementate, talora sono a grana fine, ricche di sabbia quarzosa.

Spesso si presentano in grosse bancate, talora in strati molto sottili con interposizione di straterelli siltitici, oppure come sabbie sciolte, a granulometria variabile, che va dalle sabbie grossolane a quelle delle siltiti argillose.

Frequentemente tali calcareniti si presentano nodulari o brecciformi con noduli dalle forme irregolari, di grandezza variabile, poco legate da cemento calcareo; gli interstizi, tra un nucleo e l'altro, sono occupati da sabbie fini o da siltiti.

La granulometria di queste calcareniti non è uniforme ed osservazioni puntuali effettuate in tagli e sbancamenti, hanno permesso di constatare la presenza di livelli a varia granulometria: calciruditi, calcisiltiti e livelli di sabbie grossolane miste a ghiaie, sabbie, sabbie argillose, argille sabbiose o siltose.

Infine, per quanto riguarda la cementazione, le "calcareniti gialle" si presentano disomogenee, sia in senso orizzontale, che in senso verticale; infatti, la cementazione della roccia è estremamente variabile; passa da molto debole, tale da divenire un vero e proprio sabbione calcarenitico, ad un grado tale da farle assumere una vera e propria consistenza litoide. A volte si passa ad arenarie durissime, con cemento quarzoso, di difficile escavazione con mezzi meccanici normali.

#### Materiale di Riporto (Attuale)

Sono costituiti da sfabbricidi e terreni di sterro, prevalentemente di grossa pezzatura, che sono stati accumulati, in una modesta fascia, all'interno del perimetro dell'area del mercato ittico.

### 3.3 Geomorfologia dell'area d'interesse

Le caratteristiche geomorfologiche di qualsiasi area si esamini sono determinate da una serie di azioni strettamente legate ai processi geodinamici endogeni ed esogeni e alla loro interazione con la biosfera e l'azione dell'uomo e risentono, in misura più o meno forte, di tutti i complessi fenomeni che si sono avvicendati nel corso della storia geologica della regione.

L'assetto geomorfologico rappresenta, quindi, il risultato di una lunga e complessa sequenza evolutiva, tuttora in pieno svolgimento.

Dal rilevamento si evidenzia che i lineamenti morfologici della zona, di stretto interesse, sono sub-pianeggianti, privi di asperità e rilievi, rispecchiando le caratteristiche tipiche del territorio della "Piana di Palermo".

Inoltre, l'area interessata dalle opere di progetto, non ricade in zone a rischio e/o pericolosità, così come riportato nel D.A. dell'A.R.T.A. n. 298/41 del 4/7/2000 e successive modifiche ed integrazioni, relativo al Piano Straordinario per l'Assetto Idrogeologico del territorio Comunale di Palermo.

In definitiva, il rilevamento geologico e le attente osservazioni geomorfologiche, hanno permesso di accertare che l'area interessata dalle opere di progetto, o in prossimità di essa, non sono presenti movimenti gravitativi o altri fenomeni di dissesto, che possono far evolvere in senso negativo, l'attuale stabilità della zona.

#### **4. Indagini eseguite**

Le indagini geognostiche in argomento sono state eseguite dalla ditta Si.Ar. Trivellazioni di Rosario Simonetti nel periodo dicembre 2008 .

La campagna di indagini si è articolata mediante l'esecuzione di n° 3 sondaggi meccanici con sonda idraulica a rotazione a carotaggio continuo con profondità di investigazione di m 20,00, per complessivi ml 60,00 di perforazione e nell'esecuzione di profili sismici.

Nel corso dei sondaggi geognostici, sono stati eseguiti n° 9 prove S.P.T. , secondo le direttive impartite dalla D.L.

Le cassette catalogatrici contenenti i campioni di terreno estratti durante i carotaggi, sono state conservate presso i locali di proprietà della Si.Ar. trivellazioni.

#### Attrezzature impiegate in cantiere

Qui di seguito viene riportato l'elenco delle attrezzature impiegate in cantiere per l'esecuzione della campagna di indagini geognostiche in argomento:

- perforatrice idraulica a rotazione CMV mod. MK 800 Dd montata su motrice SAME gommata, equipaggiata con pompa di circolazione a pistoncini Clivio da 90 l/min e pompa scarotatrice a pistoncini ad alta pressione;
- carotiere semplice Craelius  $\Phi$  101 mm;
- corone con inserti in Vidia;

- campionatore NE. SGI;
- tubi di rivestimento filettati  $\Phi$  127 mm utilizzati per il rivestimento e la stabilizzazione dei tratti di perforo in cui si manifestavano franamenti del perforo;
- attrezzatura completa standard per prove S.P.T.

#### 4.1 SONDAGGI GEOGNOSTICI A CAROTAGGIO CONTINUO

La campagna di sondaggi geognostici, come già anticipato, si è articolata mediante l'esecuzione di n° 3 sondaggi geognostici eseguiti a rotazione a carotaggio continuo con profondità di investigazione di m 20,00, per complessivi ml 60,00 di perforazione.

I sondaggi sono stati eseguiti con una sonda idraulica a rotazione CMV mod. MK 800 Dd montata su motrice SAME gommata, equipaggiata con pompa di circolazione a pistoni Clivio da 90 l/min e pompa scarotatrice a pistoni ad alta pressione.

I campioni di terreno estratti sono stati posti in apposite cassette catalogatrici con idonei scomparti atti alla conservazione delle carote. I campioni di terreno sono stati quotati ad ogni manovra, e la quota relativa è stata riportata in cassetta. Anche le quote delle prove S.P.T. sono state riportate in cassetta.

Per ogni singolo sondaggio è stato compilato il relativo profilo geognostico indicante il numero progressivo del sondaggio, il cantiere, la data di esecuzione, il metodo di perforazione.

#### 4.2 Prove penetrometriche dinamiche (SPT)

Durante l'esecuzione dei sondaggi geognostici, sono state eseguite n° 9 prove penetrometriche dinamiche (SPT). Le prove sono state eseguite, previa eliminazione dei detriti di perforazione da fondo foro, con campionatore Raymond apribile longitudinalmente. Il dispositivo di battuta impiegato è un maglio del peso di 63,5 Kg con volata di 760 mm con dispositivo di sganciamento automatico tipo Pilcon. Per il collegamento tra il maglio ed il campionatore sono state utilizzate aste  $\phi$  76 mm del peso di 11,4 Kg/m.

Nella tabella che segue vengono riportati i risultati delle prove SPT in termini di numero di colpi per ogni tratto di 15 cm ( $N_1$ ,  $N_2$  e  $N_3$ ) ed in termini di resistenza alla penetrazione  $N_{spt}$  (numero di colpi necessario per l'infissione vera e propria, pari a 300 mm, dopo i 150 mm di infissione preliminare:

Sondaggio	Profondità (m)	$N_1$	$N_2$	$N_3$	$N_{spt}$
S 1	6,00	26	41	>50	>50
S 1	9,00	>50			>50
S 1	12,30	17	35	47	82
S 2	6,00	11	10	13	23
S 2	9,00	16	16	25	41
S 2	12,00	9	15	17	32
S 3	6,50	8	16	17	33
S 3	9,00	>50			>50
S 3	12,00	19	25	32	57

Tutti i sondaggi sono stati attrezzati con tubazione piezometrica e pozzetti di protezione.

### 4.3 Indagini geofisiche

Sono stati eseguiti n° 3 sondaggi geofisici del tipo "MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)", e n° 3 profili sismici a rifrazione.

Dall'analisi dei dati sismici relativo alle prove MASW, si è ottenuto un riscontro abbastanza coerente con l'assetto geologico che caratterizza l'area in studio, il tutto confermato dalla relativa correlazione con i sondaggi geognostici effettuati nell'area.

In ottemperanza alle "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 Gennaio 2008" la classificazione del sito è stata ottenuta sulla base del valore  $V_{s30}$  (velocità media delle onde di taglio nei primi 30 m), dato dalla seguente espressione:

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

dove  $h_i$  e  $V_i$  indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio dello strato  $i$ -esimo (in m/sec), per un totale di  $N$  strati presenti nei primi 30 metri superiori.

Si è ottenuto un valore di  $V_{s30}$  di 739,00 m/s per la prospezione Masw\_1, di 593,00 m/s per la prospezione Masw\_2 e di 528,00 m/s per la prospezione Masw\_3, di conseguenza ai fini della definizione della azione sismica di progetto, si può attribuire il suolo di fondazione alla categoria "B", e cioè: *Depositi di sabbie e ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessore di diverse decine di metri, 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 (ovvero con NSPT > 50, o  $c_u$  > 250kPa).*



## 5. Conclusioni

Il rilevamento geologico e le indagini geognostiche e geofisiche, hanno consentito di acquisire un insieme di dati utili per la definizione della situazione litostratigrafia e dei terreni che costituiscono il substrato, dell'area in studio.

Il sottosuolo dell'area, oggetto del presente studio, è costituito da alternanze di sabbie e calcareniti a tratti nodulare con livelli e banchi ben cementati, a volte tenaci, cui si alternano strati teneri più friabili e livelli sabbiosi a granulometria medio-fine, di età Quaternario.

Il sito interessato dalle opere di progetto, non ricade in zone a rischio e/o pericolosità, così come riportato nel D.A. dell'A.R.T.A. n. 298/41 del 4/7/2000 e successive modifiche ed integrazioni, relativo al Piano Straordinario per l'Assetto Idrogeologico del territorio Comunale di Palermo.

Le indagini geofisiche hanno permesso di determinare il  $V_{s30}$  (velocità media delle onde di taglio nei primi 30 m) variabile dai 528,00 m/sec ai 739,00 m/s, quindi, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si può attribuire il suolo di fondazione alla categoria "B".

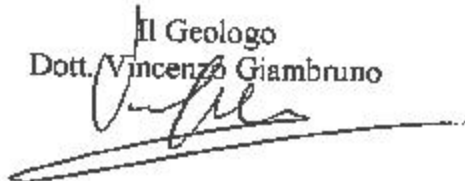
La campagna geognostica, ha per lo più confermato la situazione geolitologica dell'area, nella quale l'unità calcarenitica-sabbiosa costituisce il sottosuolo; essa risulta ricoperta in superficie, da una coltre pedogena, dello spessore variabile da 2,00 m a 3,50 m circa, costituita da limi sabbiosi inglobanti minuti detriti calcarenitici, frammisti nella parte sommitale a materiali di riporto.

La campagna geognostica ha mostrato che il tetto dell'unità calcarenitica - sabbiosa di base, si rinviene a quote diverse ma comunque a modesta profondità.

I terreni che compongono la coltre di materiali di copertura, risultano eterogenei, rimaneggiati e compressibili, non costituiscono pertanto un buon terreno di fondazione.

Palermo dicembre 2008

Il Geologo  
Dott. Vincenzo Giambruno



## INDICE

1. Premessa.....	1
2. Inquadramento Geografico e Lineamenti Geologico - Strutturali.....	3
3. Geologia e Geomorfologia.....	6
3.1 Evoluzione geomorfologica della Piana di Palermo.....	6
3.2 Caratteristiche Geologiche dell'area d'interesse.....	8
3.3 Geomorfologia dell'area d'interesse.....	11
4. Indagini eseguite.....	12
4.1 SONDAGGI GEOGNOSTICI A CAROTAGGIO CONTINUO.....	13
4.2 Prove penetrometriche dinamiche (SPT).....	14
4.3 Indagini geofisiche.....	15
5. Conclusioni.....	17

CARTA GEOLOGICA

Area interessata dal progetto

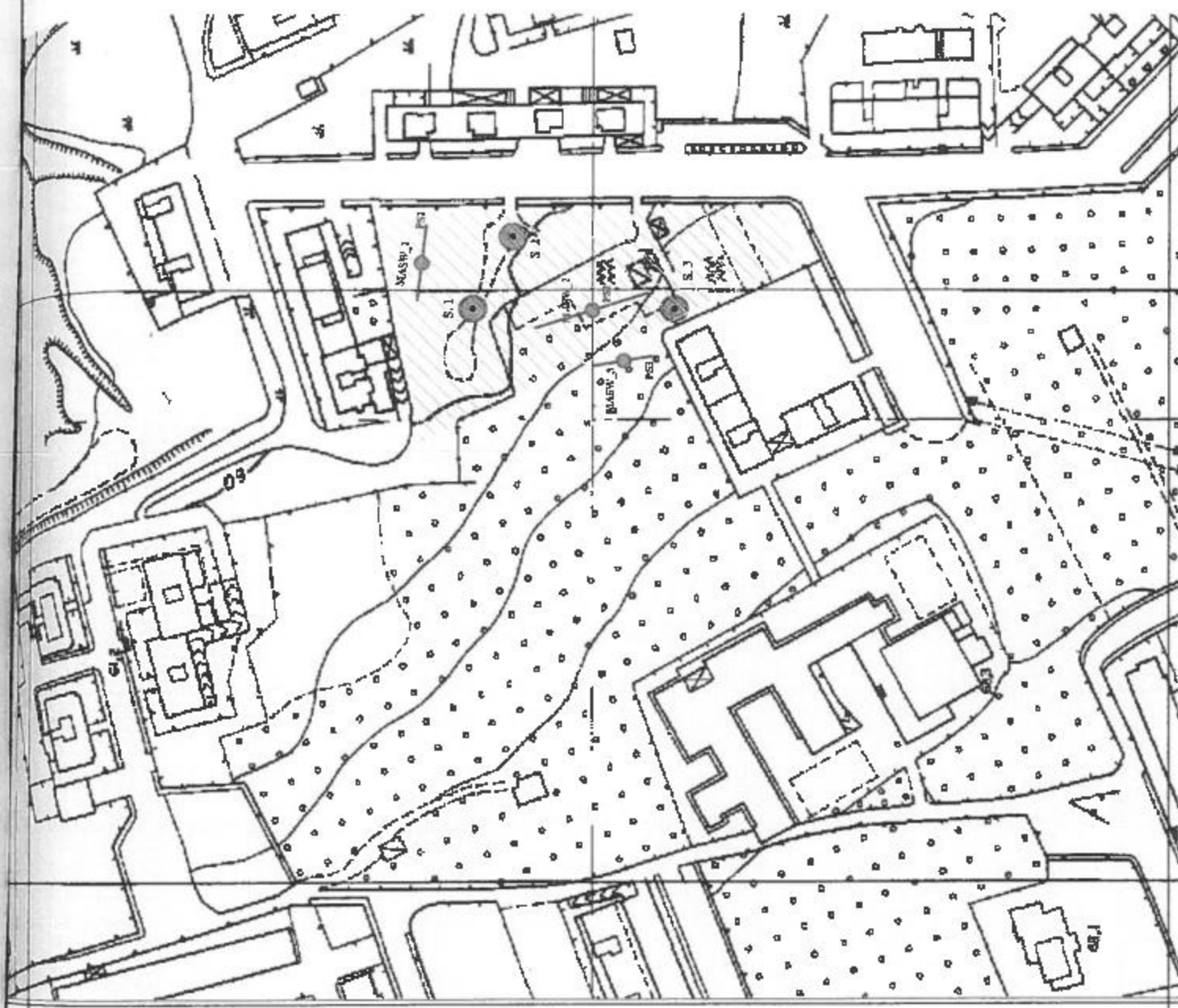
Cilindrone ghiaioso, e tratti nodulari, congnata con alternanza di sabbia e fango, ricoperta da terreni di ripeto sabbiosi permeabilizzati da terra rossa

Sondaggi geognostici

Profilo sintacco

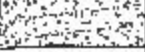


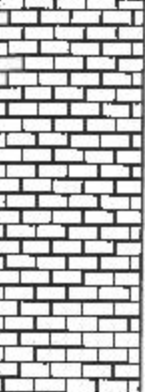

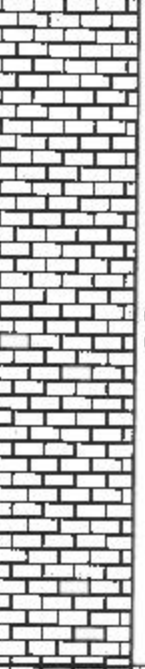


Punto di localizzazione del profilo MASW

Scala 1 : 2.000





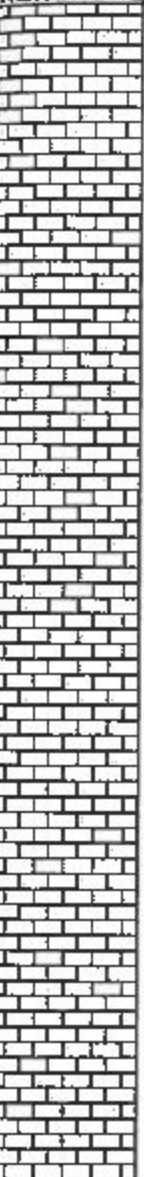

**Progetto del Centro Polifunzionale per Minori  
in località Bonagia**

Sondaggio geognostico S1

Litologia	Descrizione	Quota	S.P.T. (n° colpi)	Pizzomelli
	Livello superficiale di terreno vegetale			
	Terra rossa residuale costituita da una frazione fine argillosa con elementi prevalentemente carbonatici eterometrici di ordine centimetrico	1.00 2.00		
	Calcareniti giallastre, a tratti nodulare, abbastanza compatta con alternanze di sabbia e limo	3.10 3.30		
	Calcareniti giallastre, a tratti nodulare, abbastanza compatta con alternanze di sabbia e limo	8.70 9.00	28 - 41 - R 6.00 PC	
	Livello di calcarenite compatta e fossilifera	8.70 9.00	R - R - R 9.00 PC	
	Calcareniti giallastre, a tratti nodulare, abbastanza compatta con alternanze di sabbia e limo	18.00	17 - 35 - 47 12.30 PC	
	Livello di calcarenite compatta e fossilifera	18.60		
	Calcareniti giallastre, a tratti nodulare, abbastanza compatta con alternanze di sabbia e limo	20.00		







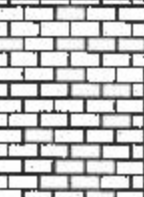

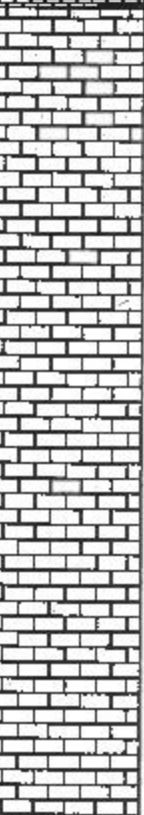
**Progetto del Centro Polifunzionale per Minori  
in località Bonaglia**

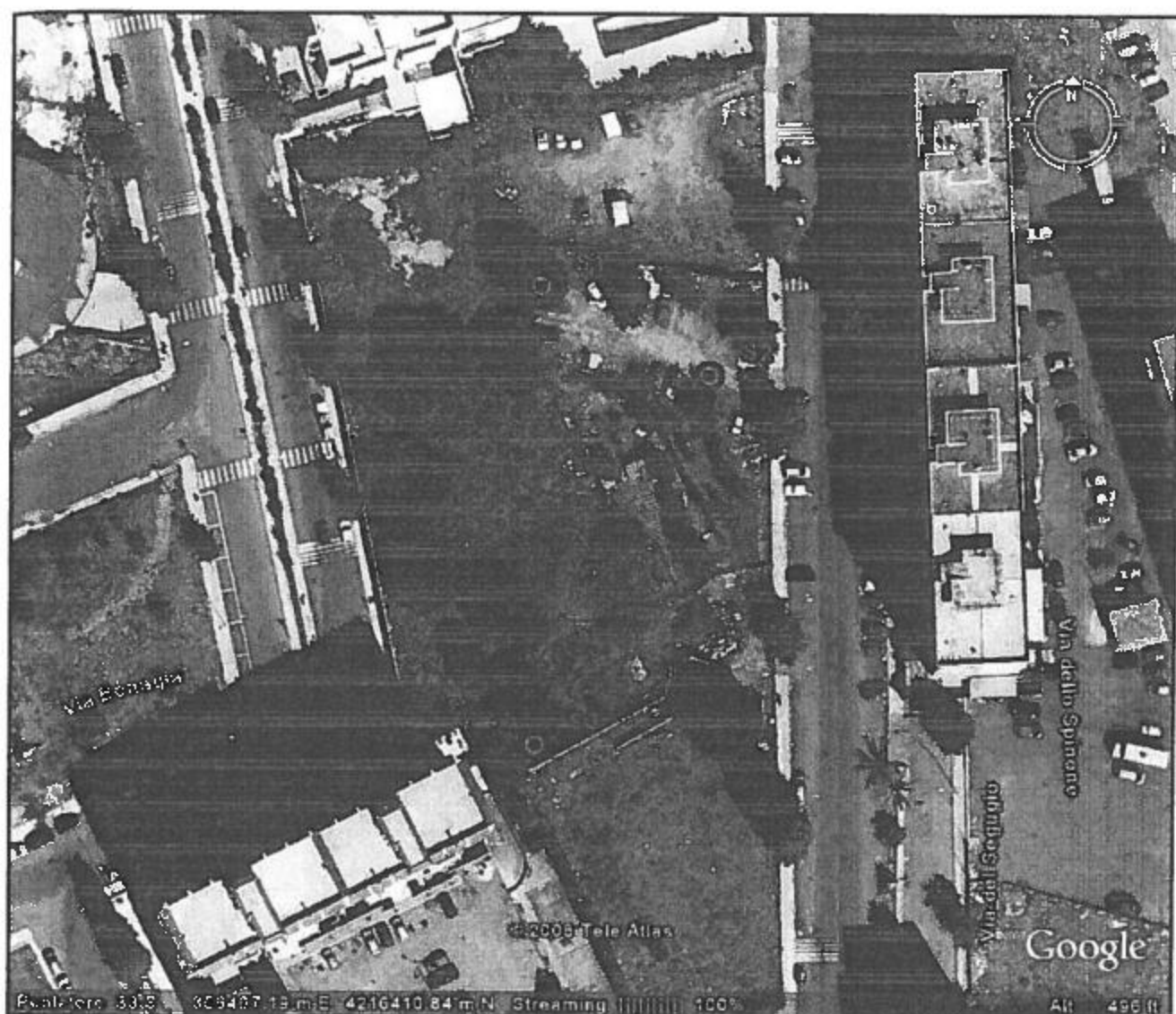
Sondaggio geognostico S2

Litologia	Descrizione	Quota	S.P.T. (n° Colpi)	Piezometro
	Asfalto con il sottostante livello di terreno vegetale	1.00		
	Terra rossa residuale costituita da una frazione fine argillosa con elementi prevalentemente carbonatici eterometrici di ordine centimetrico	3.50		
	Calcarenite giallastra, a tratti nodulare, abbastanza compatta con alternanze di sabbia e limo		11 - 10 - 12 6.00 PC  16 - 15 - 26 9.00 PC  9 - 15 - 17 12.00 PC	
	Livello di calcarenite compatta e fossilifera	19.40		
	Calcarenite giallastra, a tratti nodulare, abbastanza	19.70		
	Calcarenite giallastra, a tratti nodulare, abbastanza	20.00		

**Progetto del Centro Polifunzionale per Minori  
In località Bonagia**

**Sondaggio geognostico S3**

Litologia	Descrizione	Cota	S.P.T. (n° Colpi)	Piezometro
	Livello superficiale di terreno vegetale	1.00		
	Terra rossa residuale costituita da una frazione fine argillosa con elementi prevalentemente carbonatici eterometrici di ordine centimetrico	2.00		
	Calcarenite giallastre, a tratti nodulare, abbastanza compatta con alternanze di sabbia e limo	3.50		
	Livello di calcarenite compatta e fossilifera	3.70		
	Calcarenite giallastre, a tratti nodulare, abbastanza compatta con alternanze di sabbia e limo	5.60		
	Livello di calcarenite compatta e fossilifera	6.00	8 - 16 - 17	
	Calcarenite giallastre, a tratti nodulare, abbastanza compatta con alternanze di sabbia e limo	9.00	6.50 PC	
	Livello di calcarenite compatta e fossilifera	9.20	R - R - R	
	Calcarenite giallastre, a tratti nodulare, abbastanza compatta con alternanze di sabbia e limo	20.00	9.00 PC	
			19 - 25 - 32	
			12.00 PC	

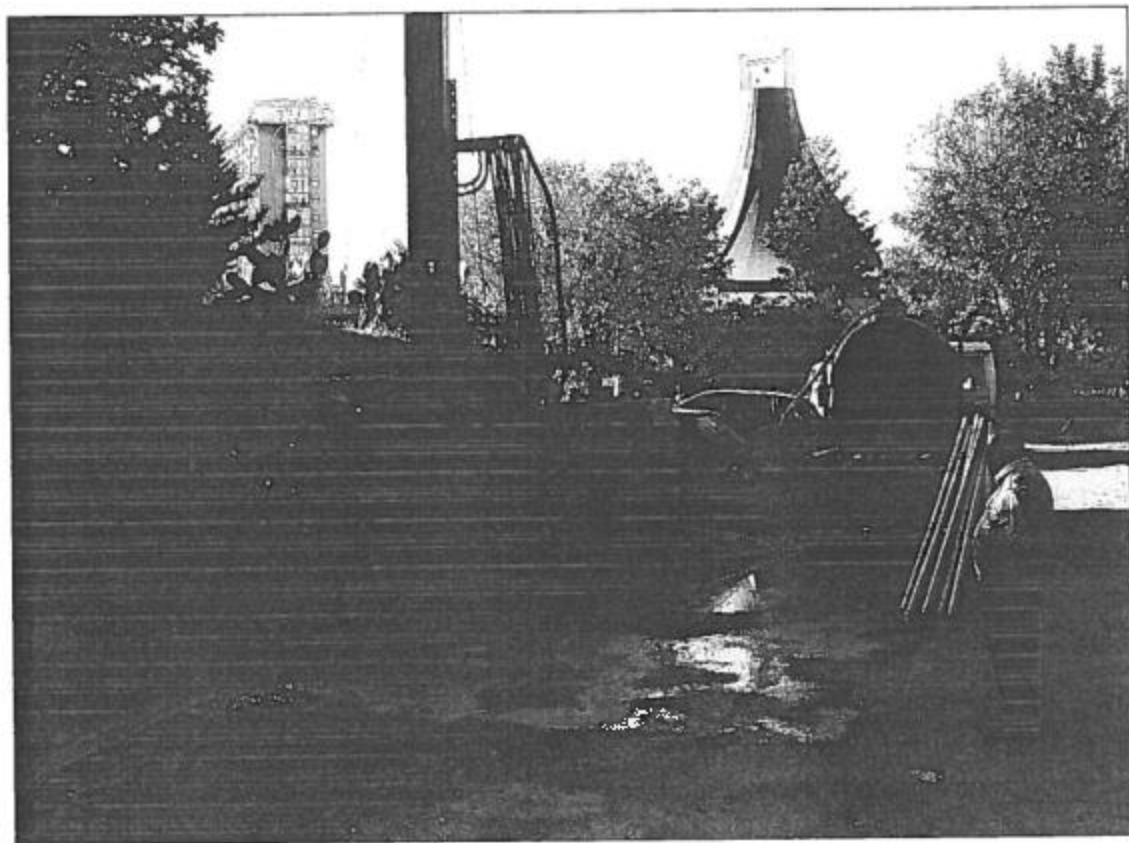


*Ortofoto (tratta da Google Earth) con ubicazione dei sondaggi.*





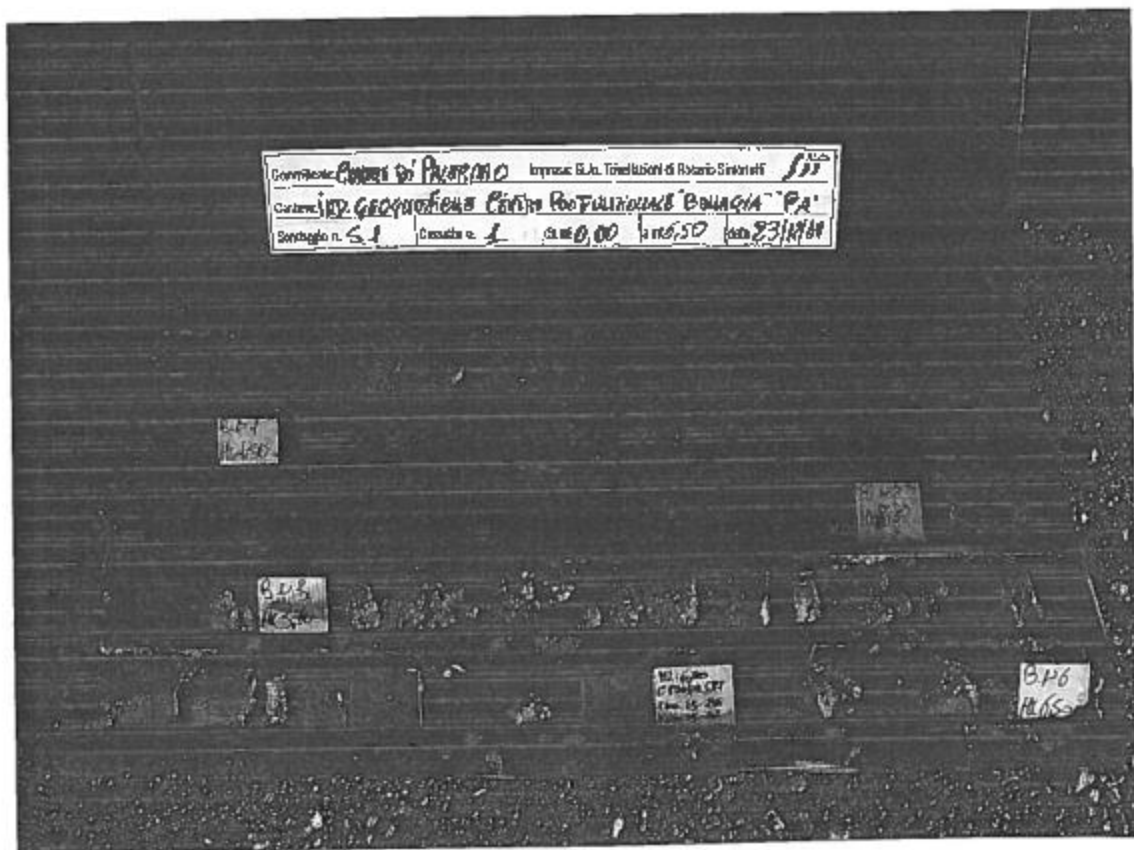
*Postazione Sondaggio S1*

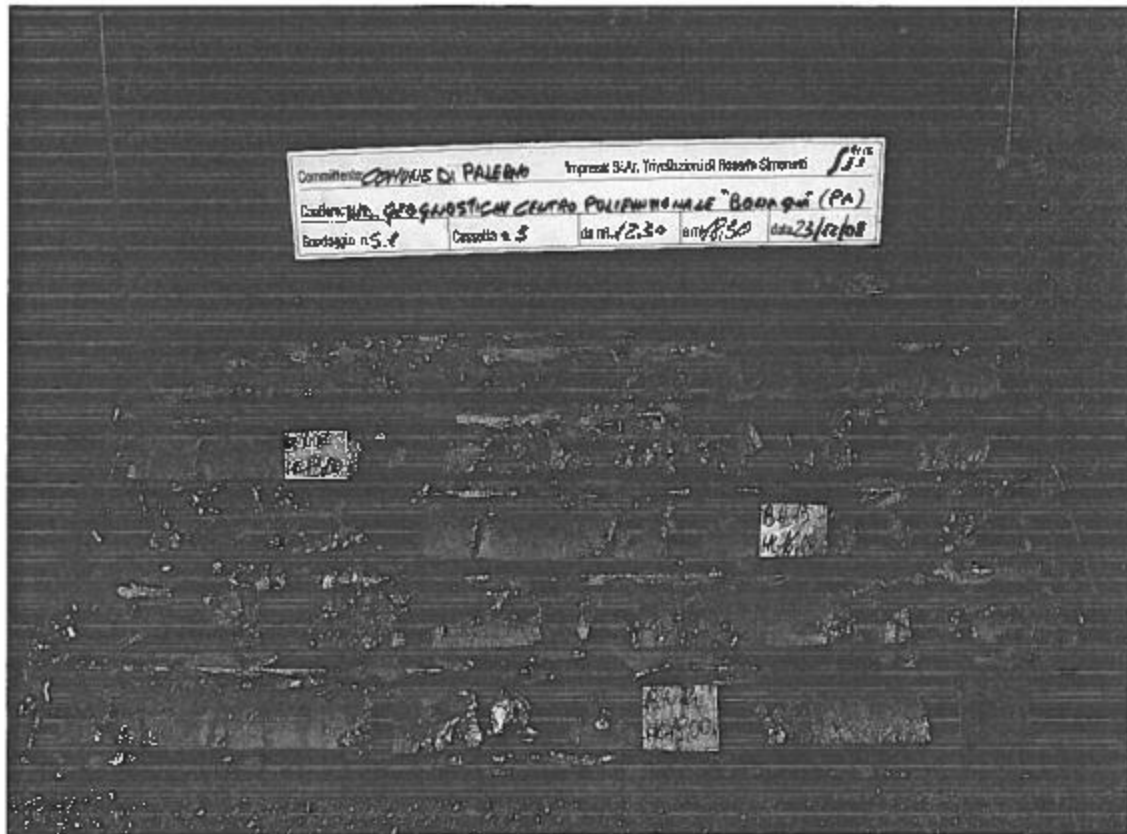
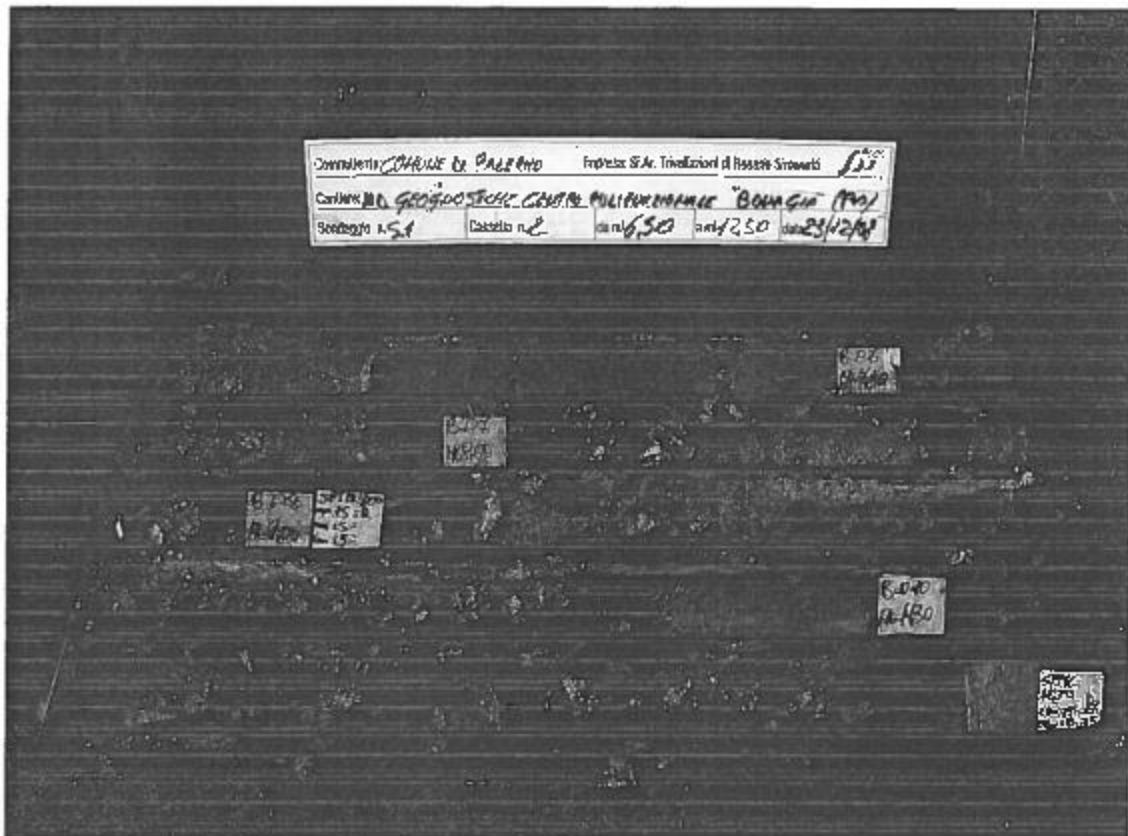


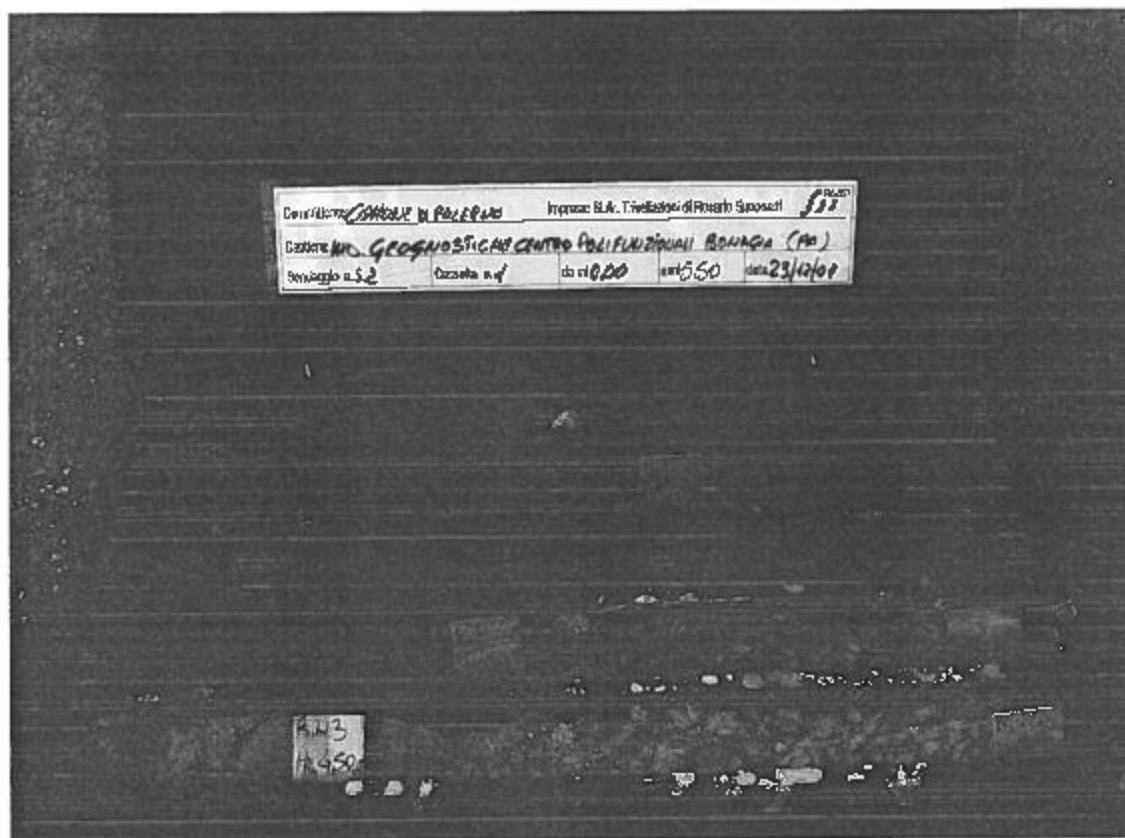
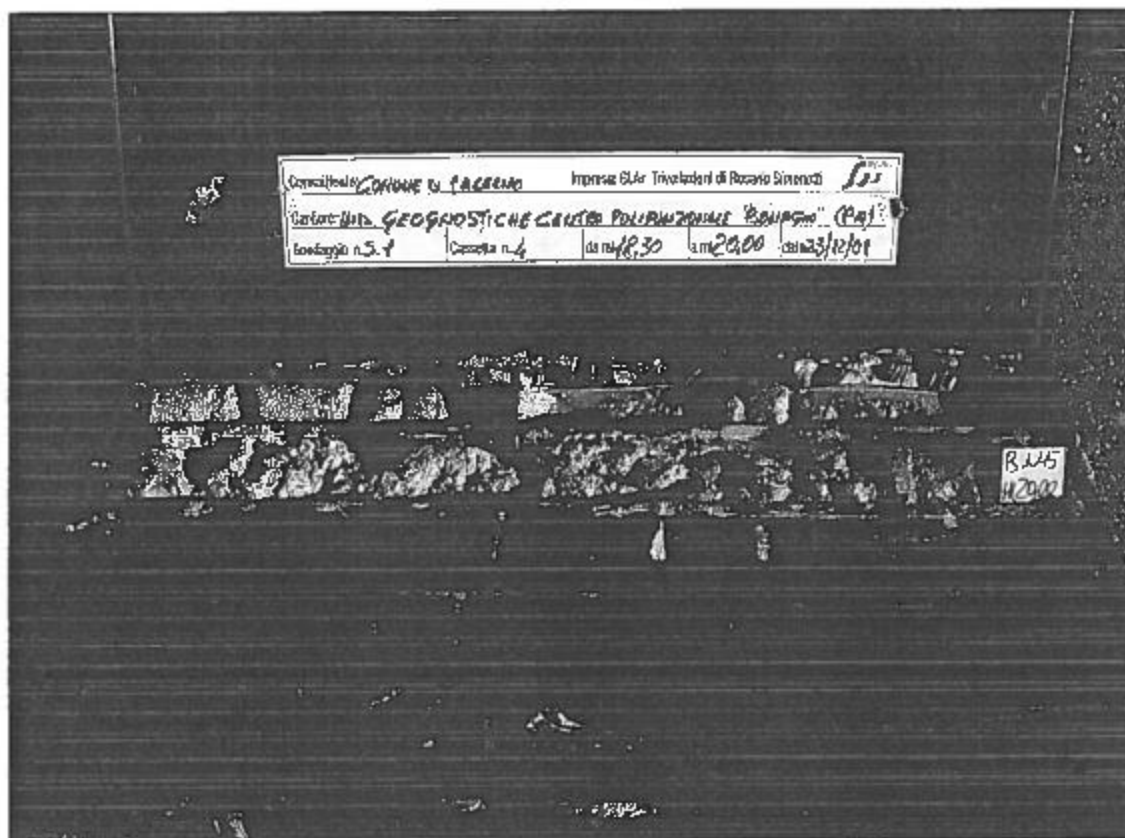
*Postazione Sondaggio S2*

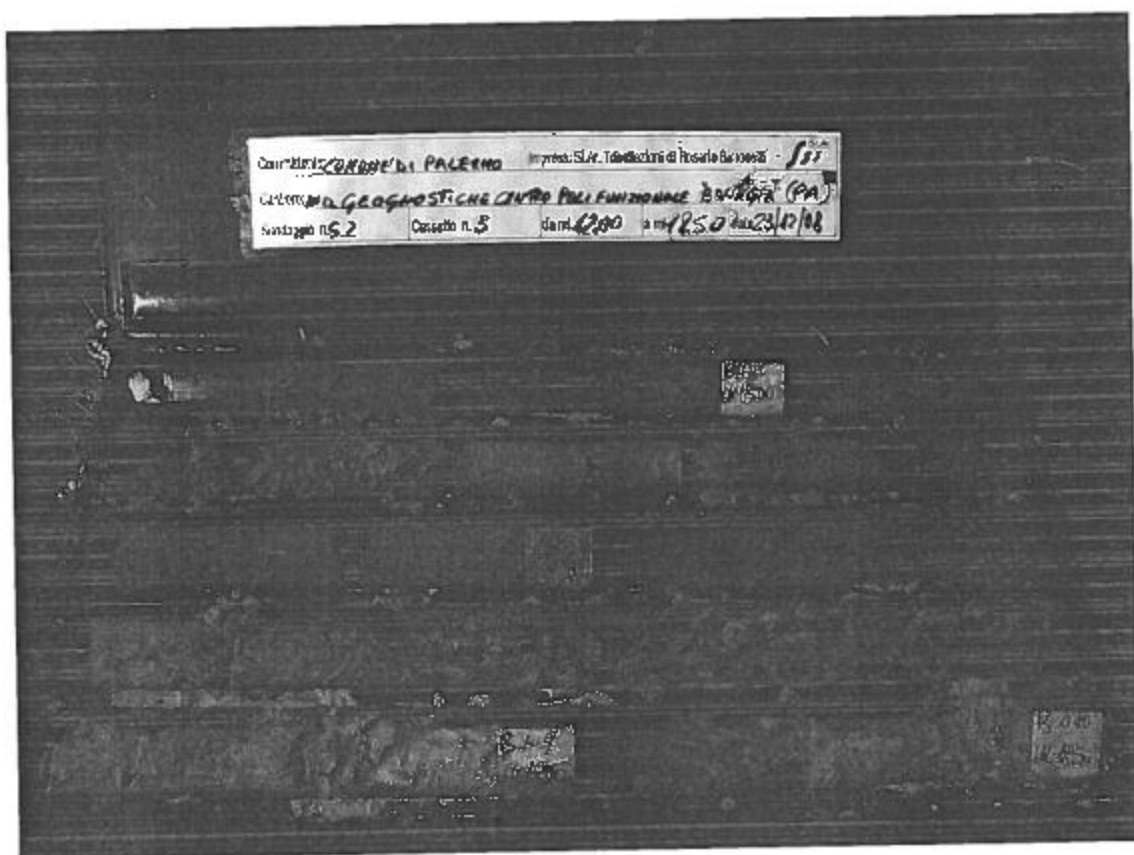
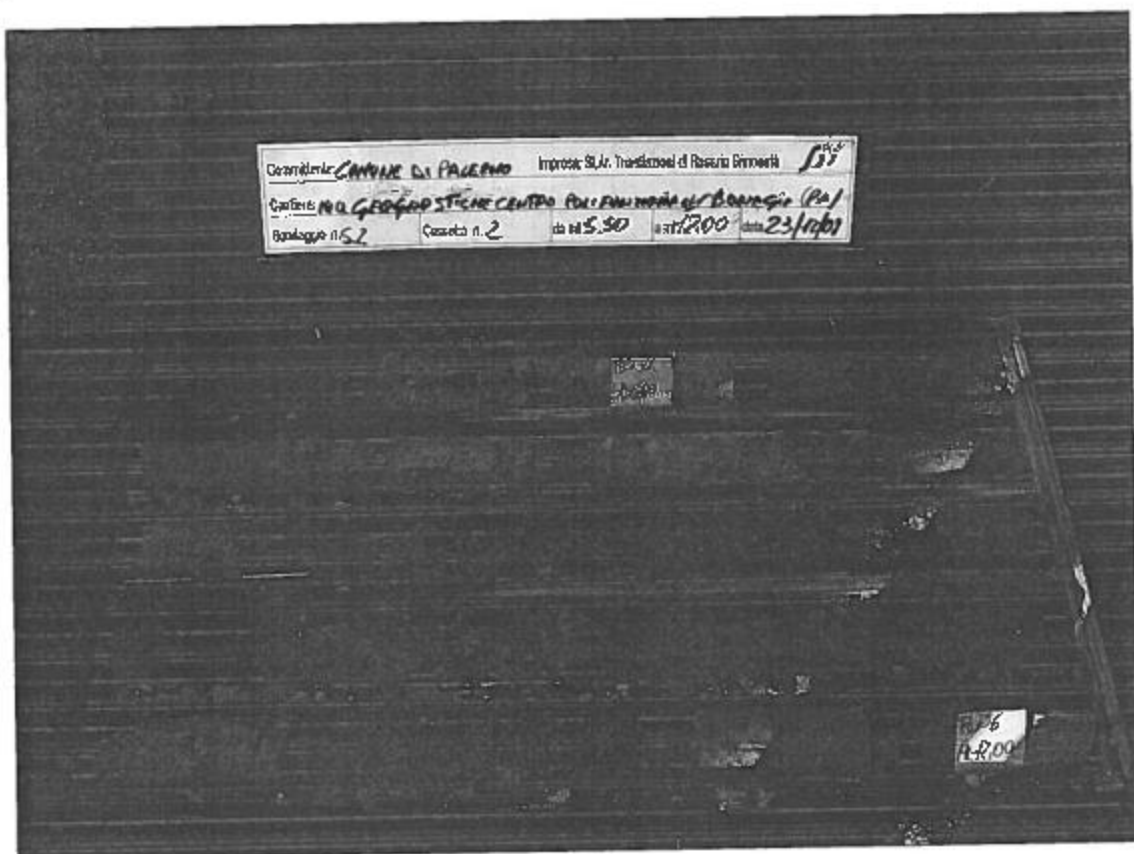


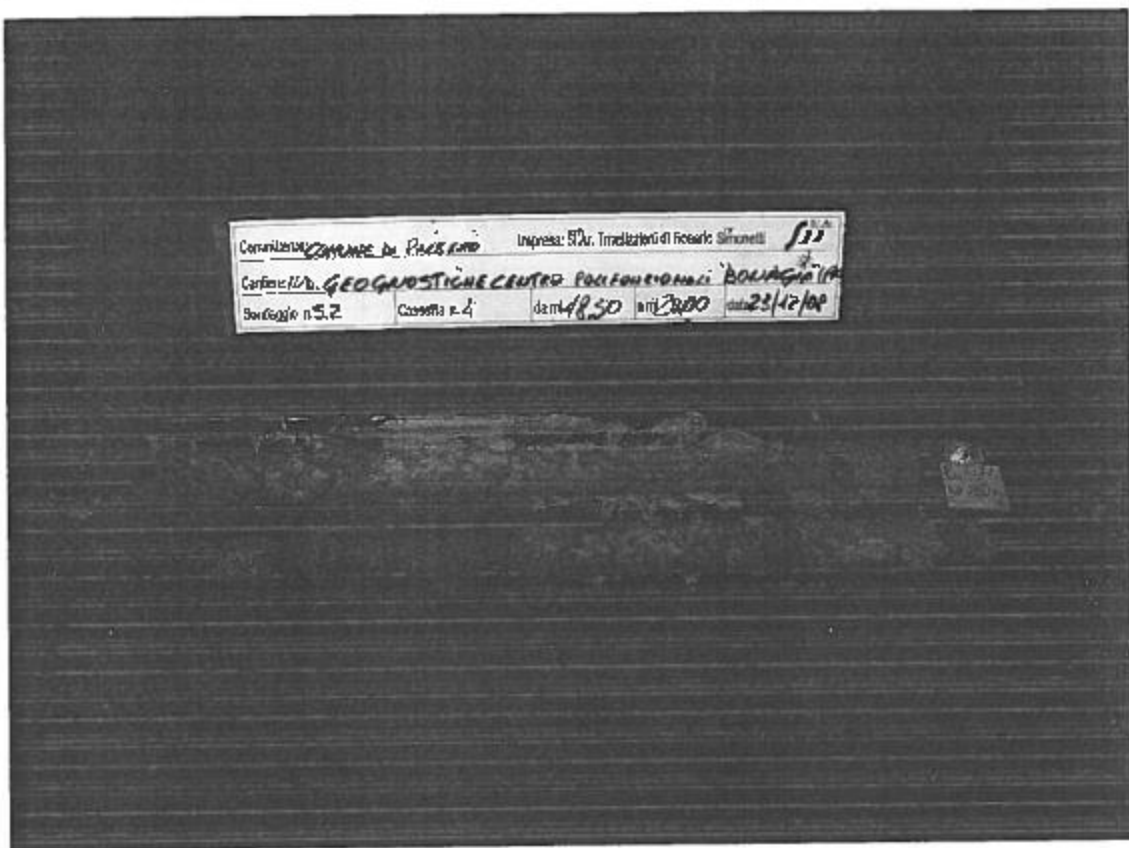
Postazione Sondaggio S3

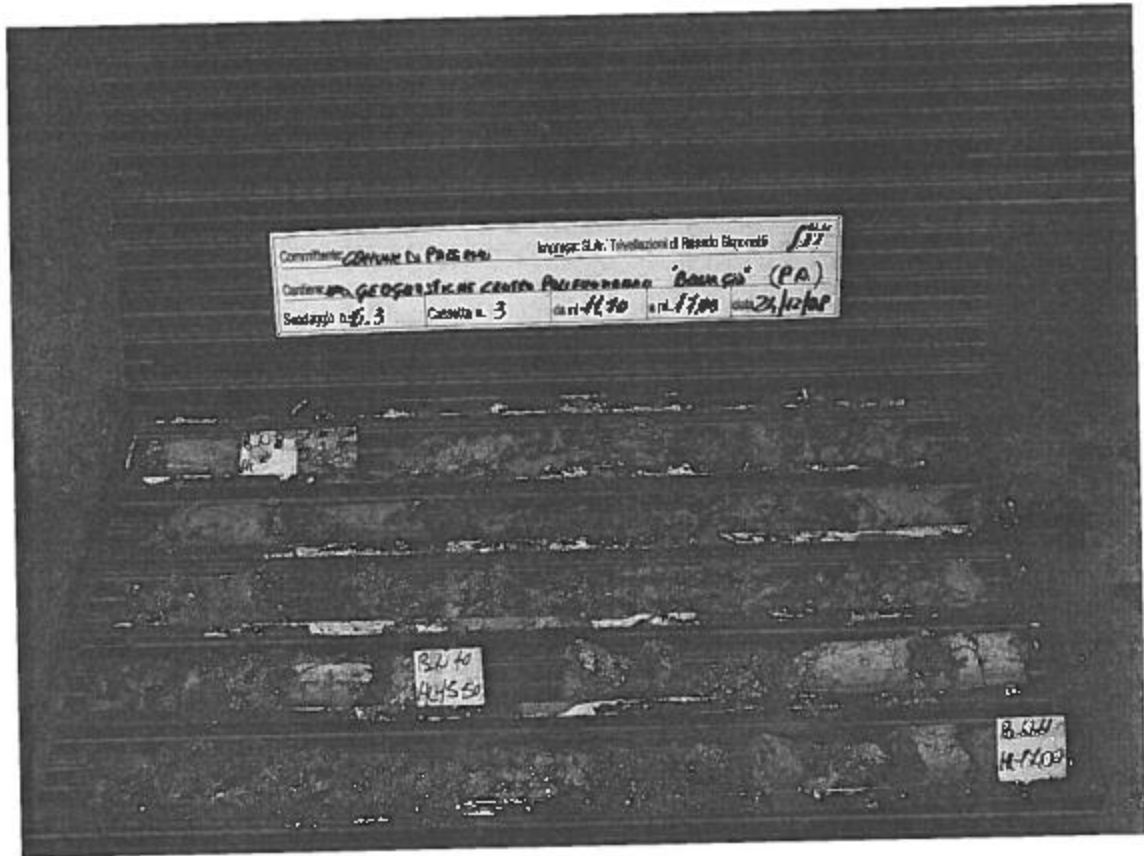
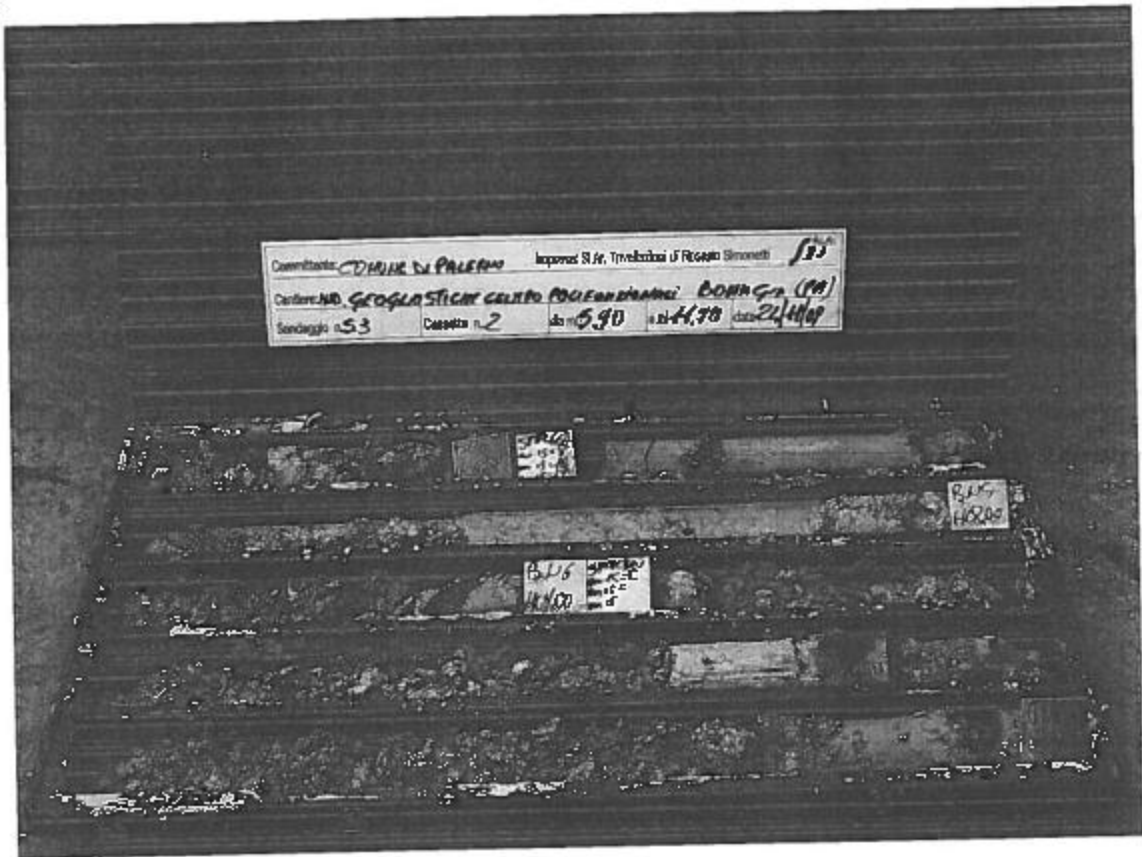


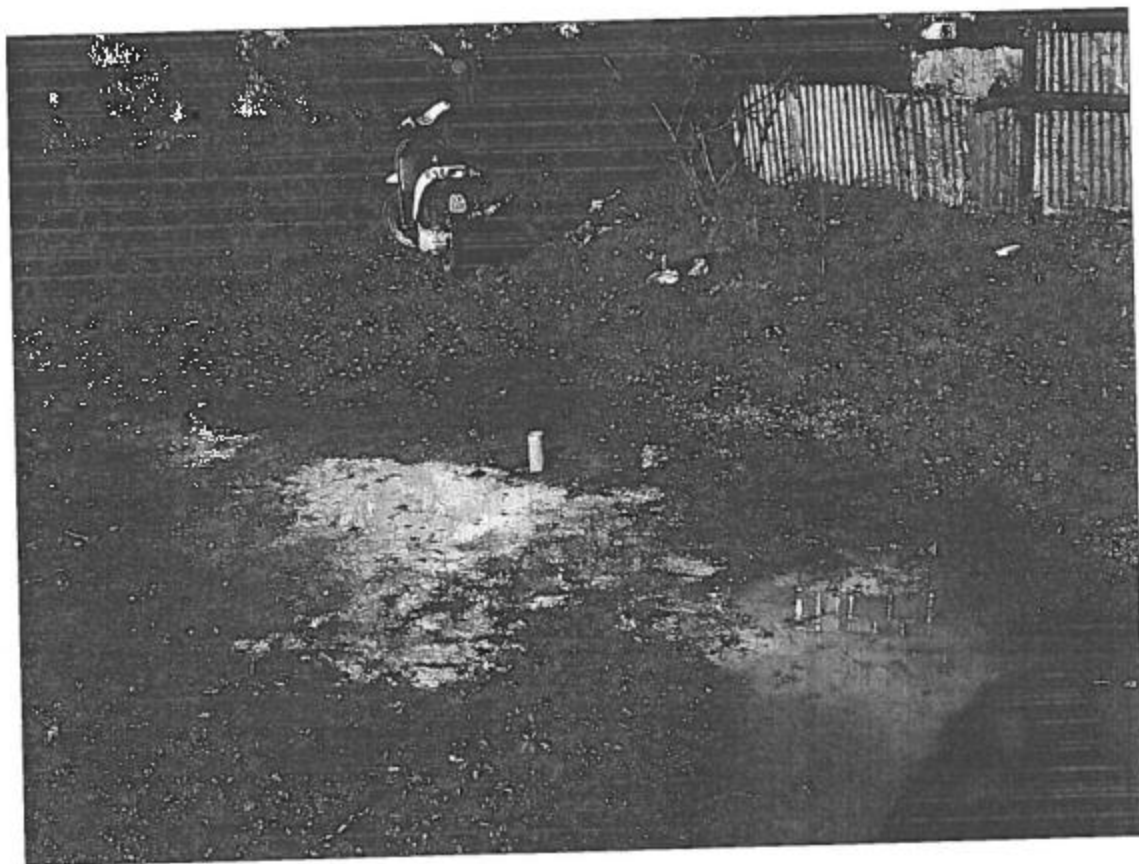
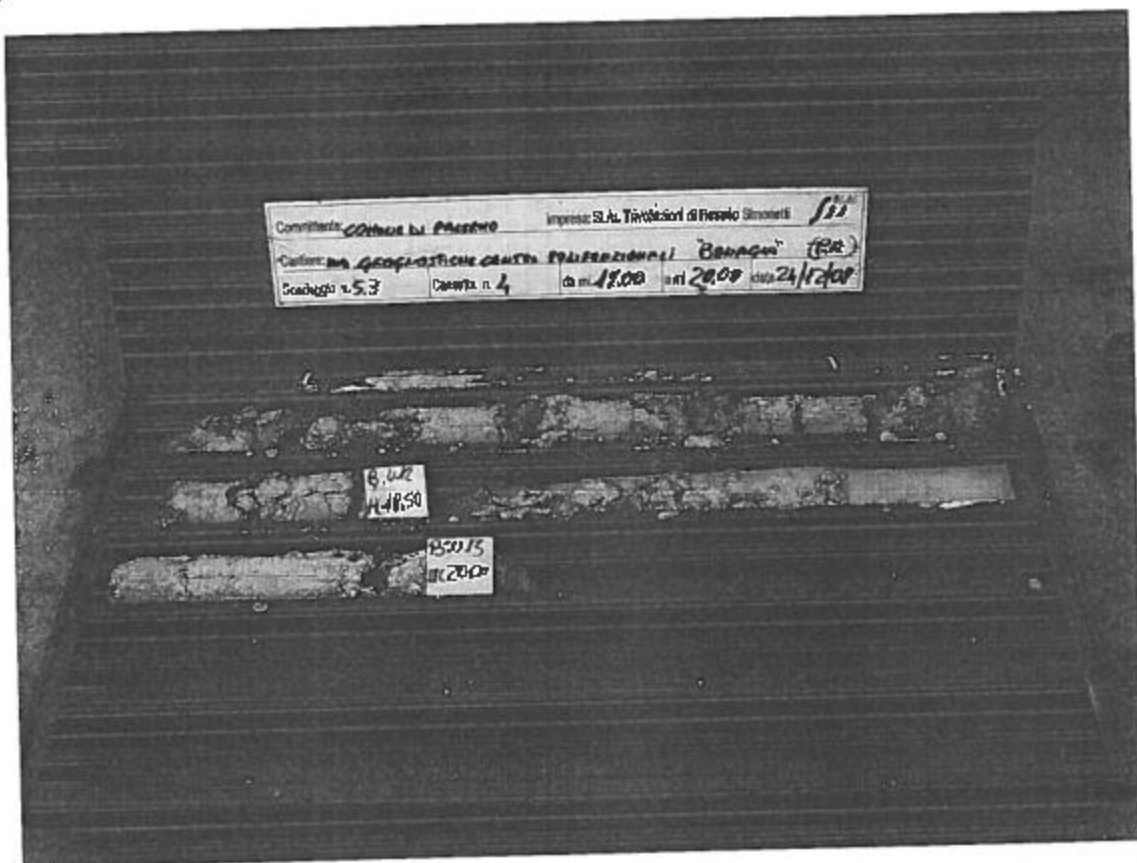




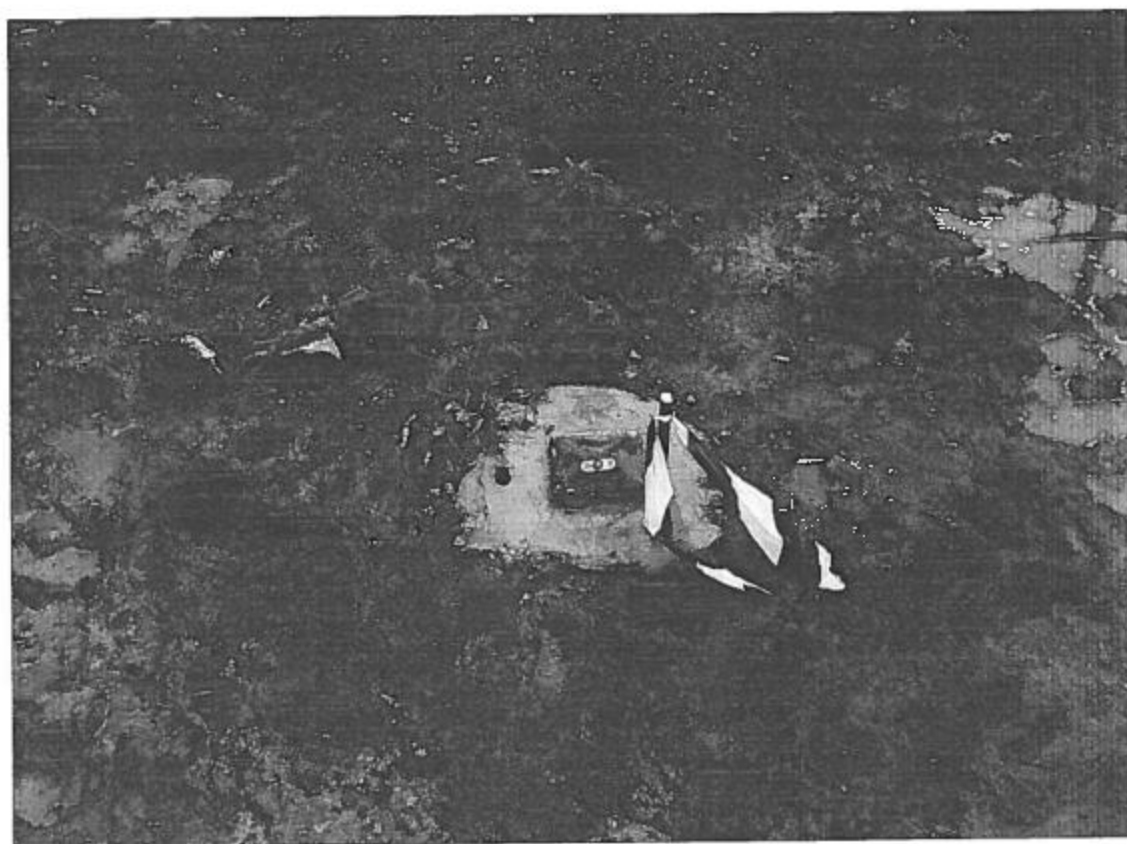
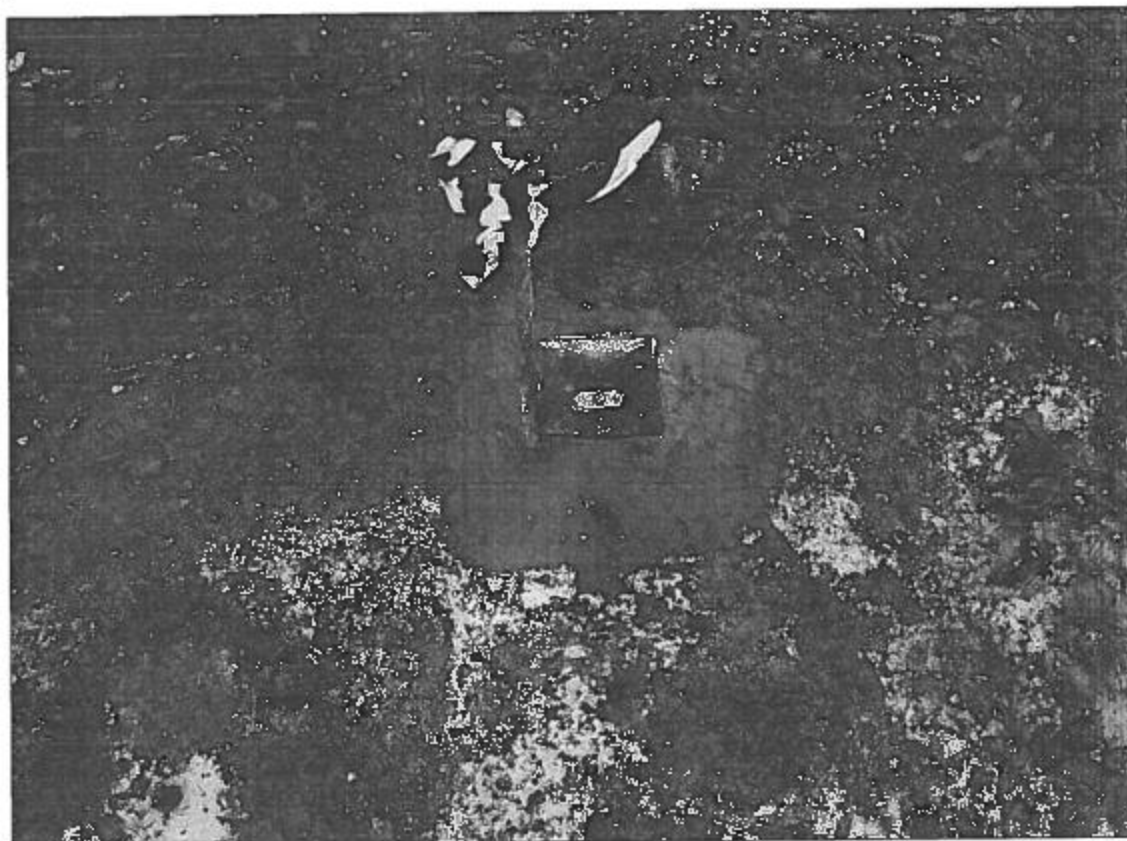












INDAGINI GEOFISICHE

*Caratterizzazione sismica dei sismostrati individuati**Masw\_1*

Sismostrato	Spessore (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Densità (gr/cm <sup>3</sup> )	Mod. di Poisson	Mod. di Taglio (MPa)	Mod. di Compressione (MPa)	Mod. di Young (MPa)	Mod di Lamè (MPa)
I	1,1	280,00	101,00	1,86	0,47	19,00	360,00	56,00	348,00
II	1,9	645,00	275,00	1,95	0,39	147,00	614,00	409,00	516,00
III	-	2100,00	1178,00	2,28	0,36	3161,00	10101,00	8586,00	7994,00

*Masw\_2*

Sismostrato	Spessore (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Densità (gr/cm <sup>3</sup> )	Mod. di Poisson	Mod. di Taglio (MPa)	Mod. di Compressione (MPa)	Mod. di Young (MPa)	Mod di Lamè (MPa)
I	4,1	776,00	278,00	2,17	0,48	168,00	5408,00	498,00	5296,00
II	7,7	1611,00	392,00	2,2	0,36	306,00	6208,00	814,00	5322,00
III	-	2194,00	1043,00	2,25	0,33	2442,00	7551,00	6614,00	5922,00

**Indagini Sismiche**

Dotl. Geol. Giuseppe Gugliuzza  
Tel. 833/3822895

Centro Polifunzionale Bonagia

*Masw\_3*

Sismostrato	Spessore (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Densità (gr/cm <sup>3</sup> )	Mod. di Poisson	Mod. di Taglio (MPa)	Mod. di Compressione (MPa)	Mod. di Young (MPa)	Mod di Lamé (MPa)
I	2,0	313,00	121,00	1,77	0,41	26,00	139,00	73,00	122,00
II	7,0	935,00	404,00	2,04	0,39	333,00	1338,00	921,00	1116,00
III	-	1823,00	909,00	2,20	0,33	1818,00	4887,00	4852,00	3676,00

*Parametri relativi alla pericolosità sismica dell'area in studio  
Lat. 38°08'41"13-Long. 13°36'25"40 WGS 84*

Stato Limite	Tr (tempo di ritorno-anni)	a <sub>r</sub> (g)	Fo (-)	Tc° (s)
SLO	30	0,045	2,321	0,230
SLD	50	0,063	2,327	0,250
SLV	475	0,181	2,383	0,291
SLC	975	0,234	2,430	0,306

# Stendimento PS1

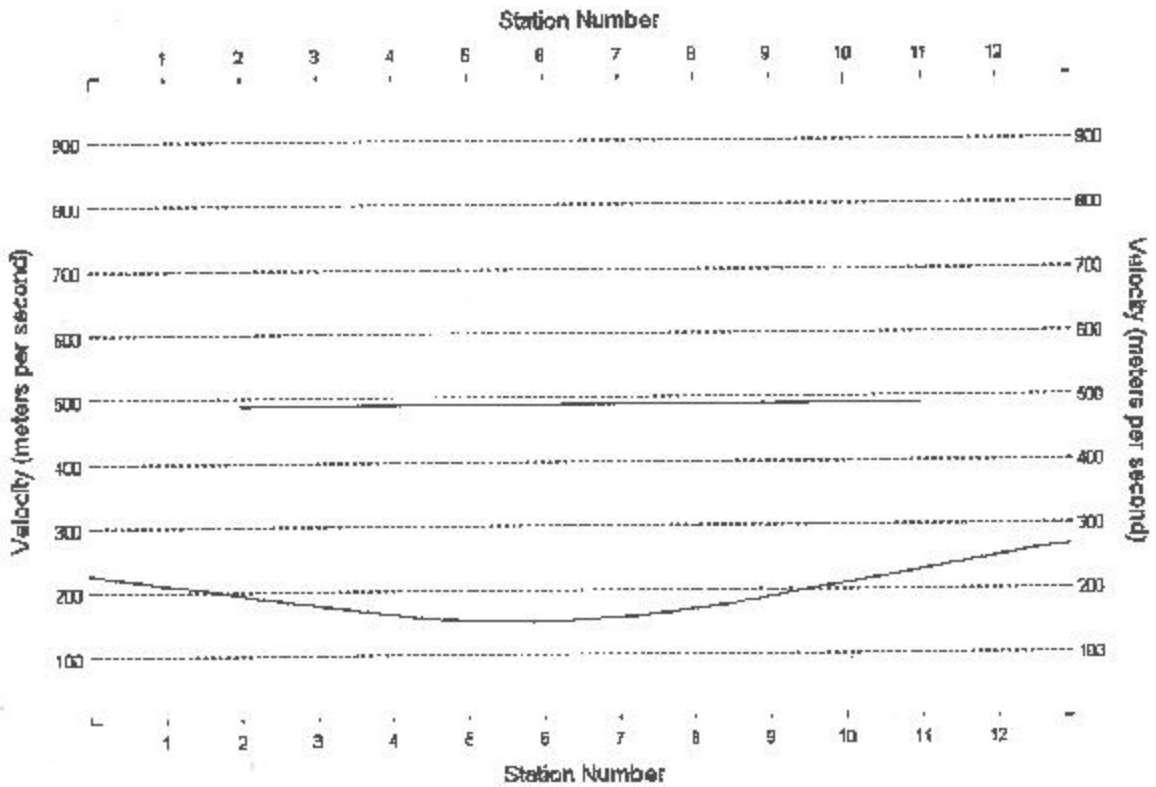
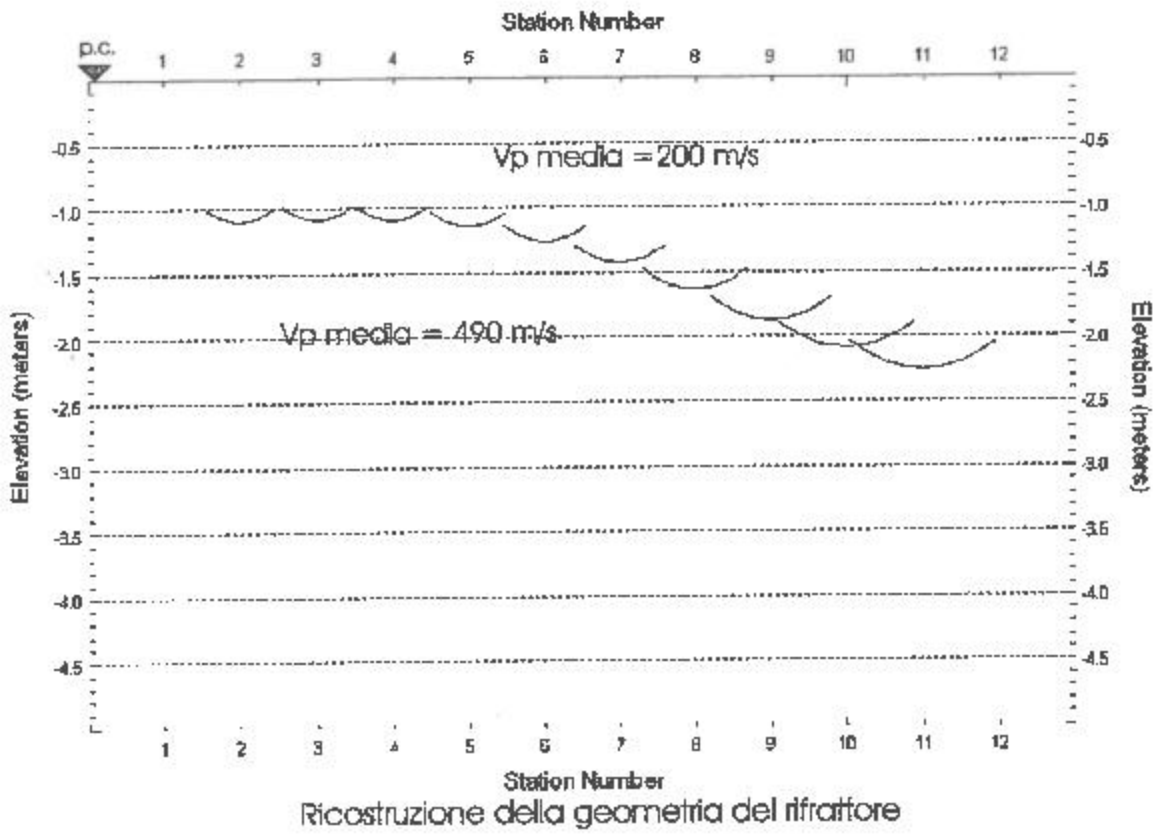
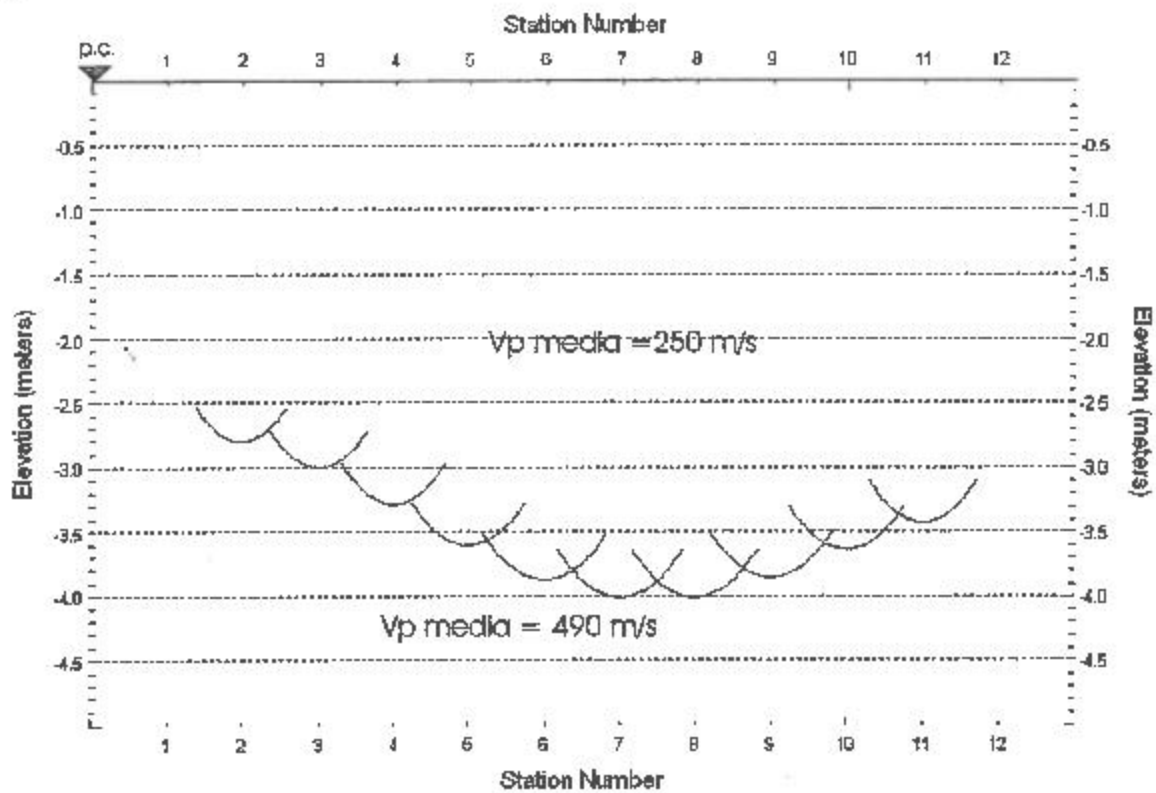


Grafico funzione spazio velocità

# Stendimento PS2



Ricostruzione della geometria del rifratore

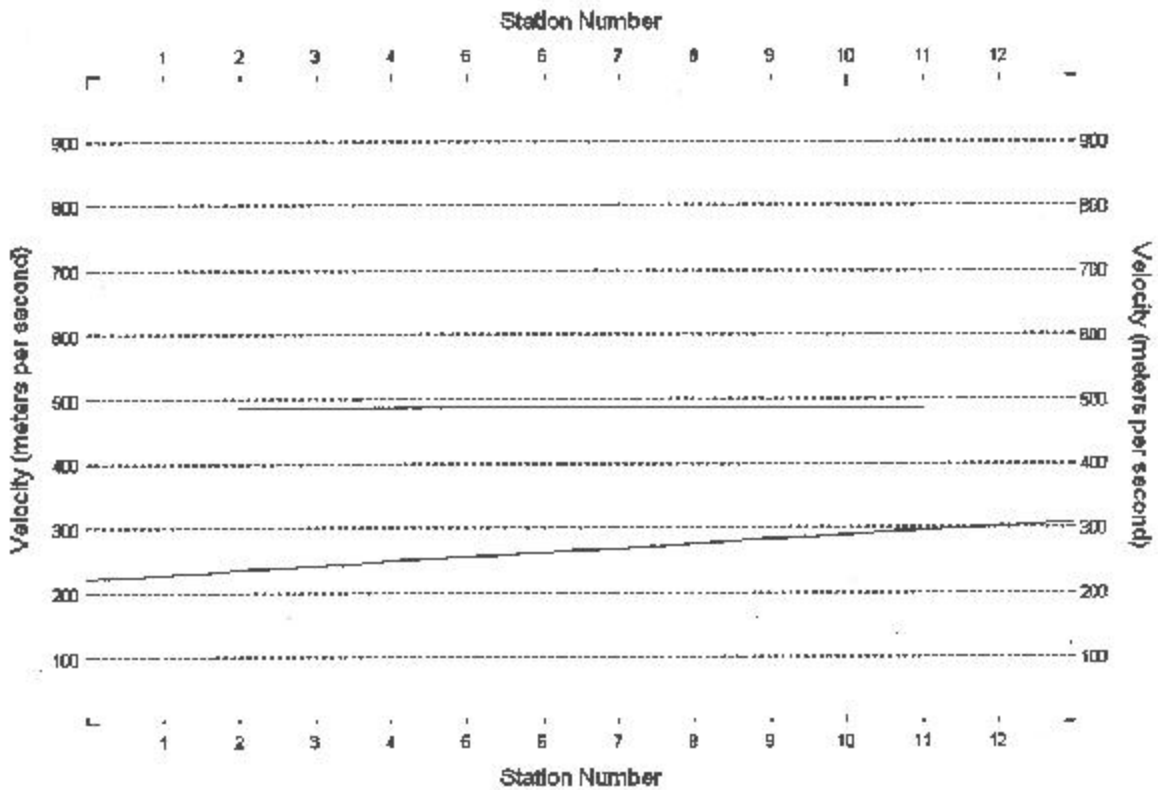
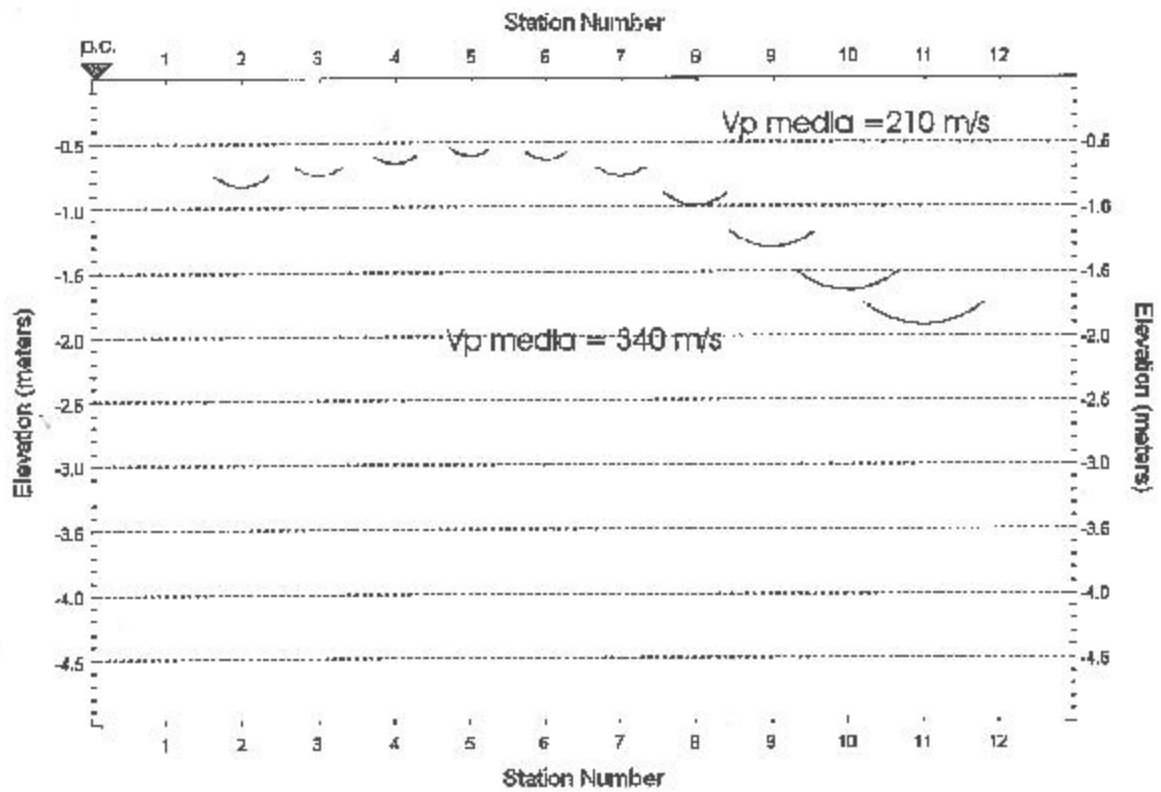


Grafico funzione spazio velocità

# Stendimento PS3



## Ricostruzione della geometria del rifratore

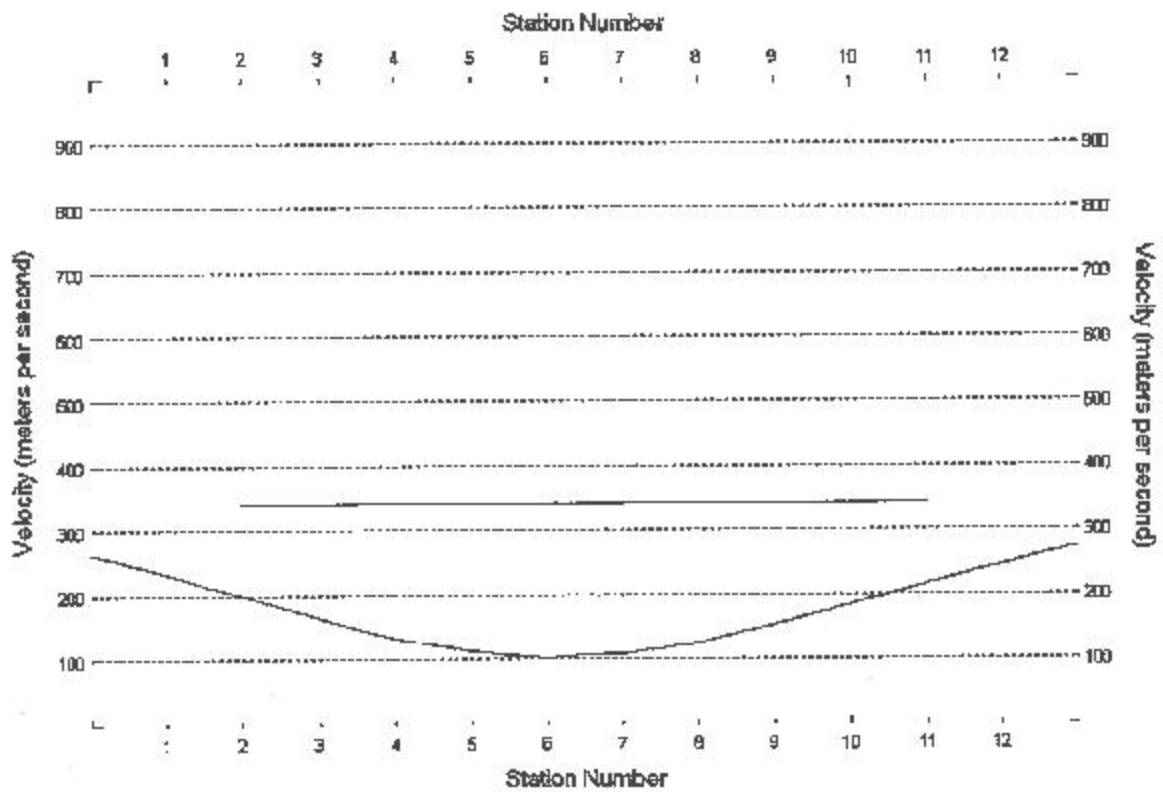
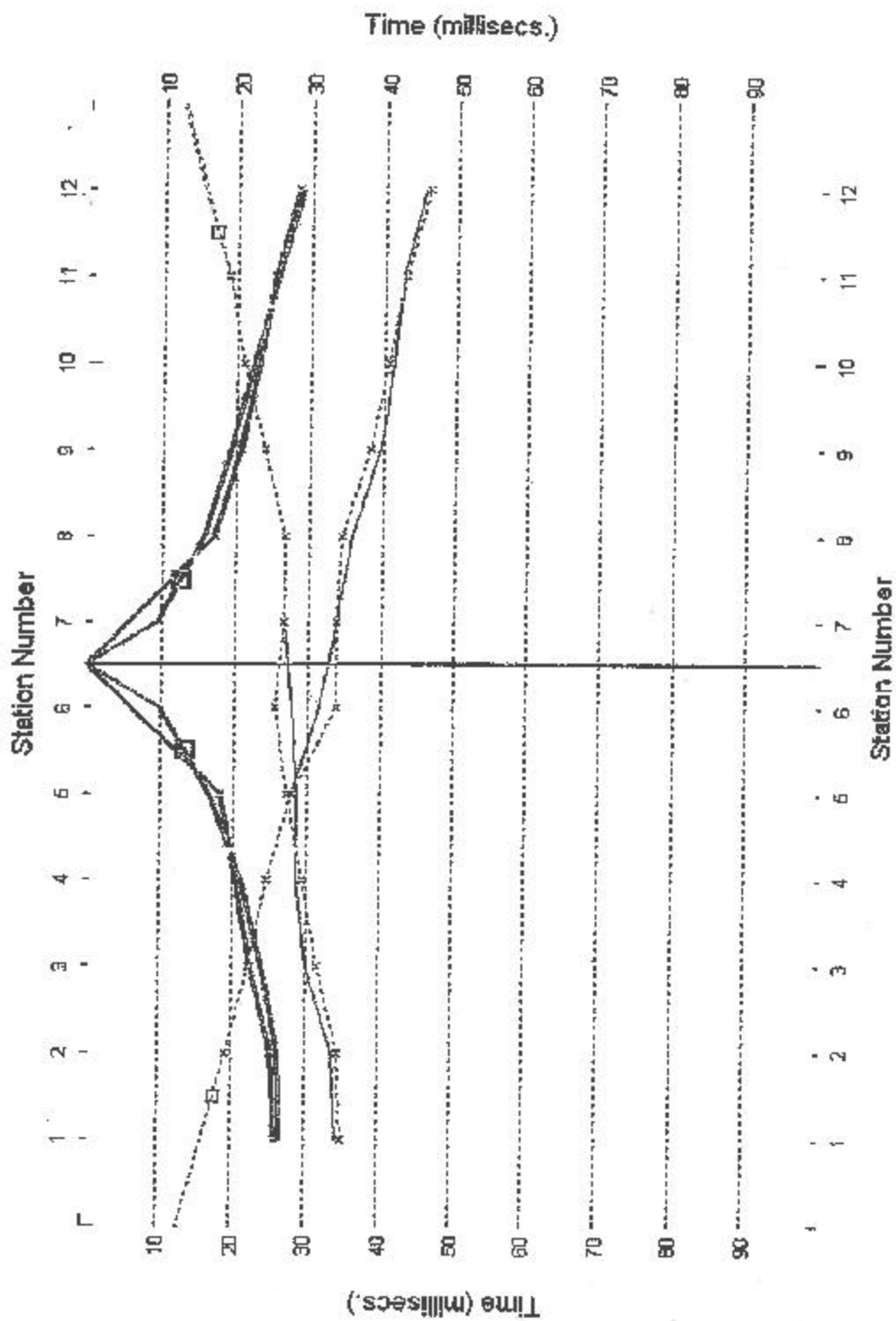


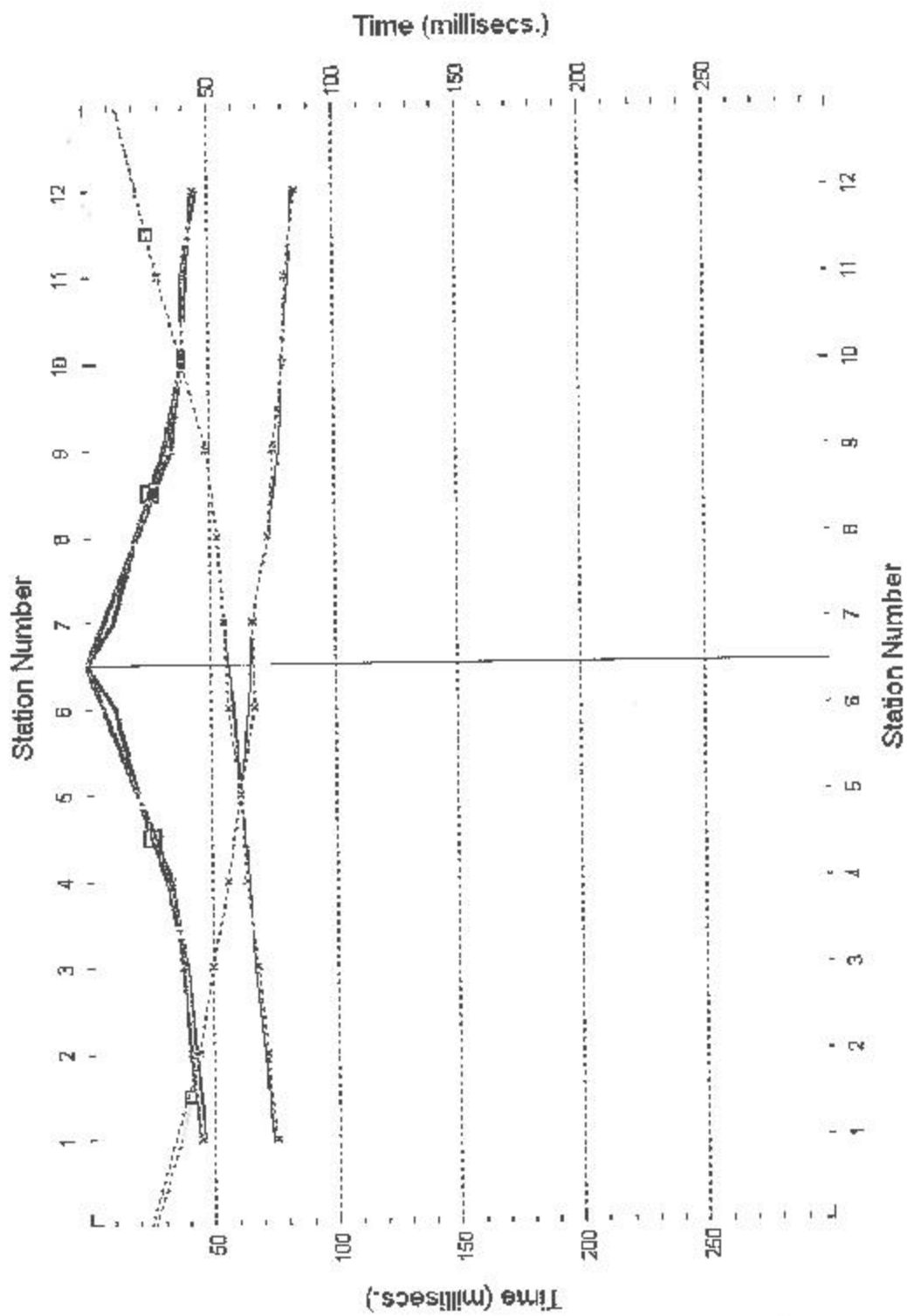
Grafico funzione spazio velocità

# Dromocione stendimiento PS1

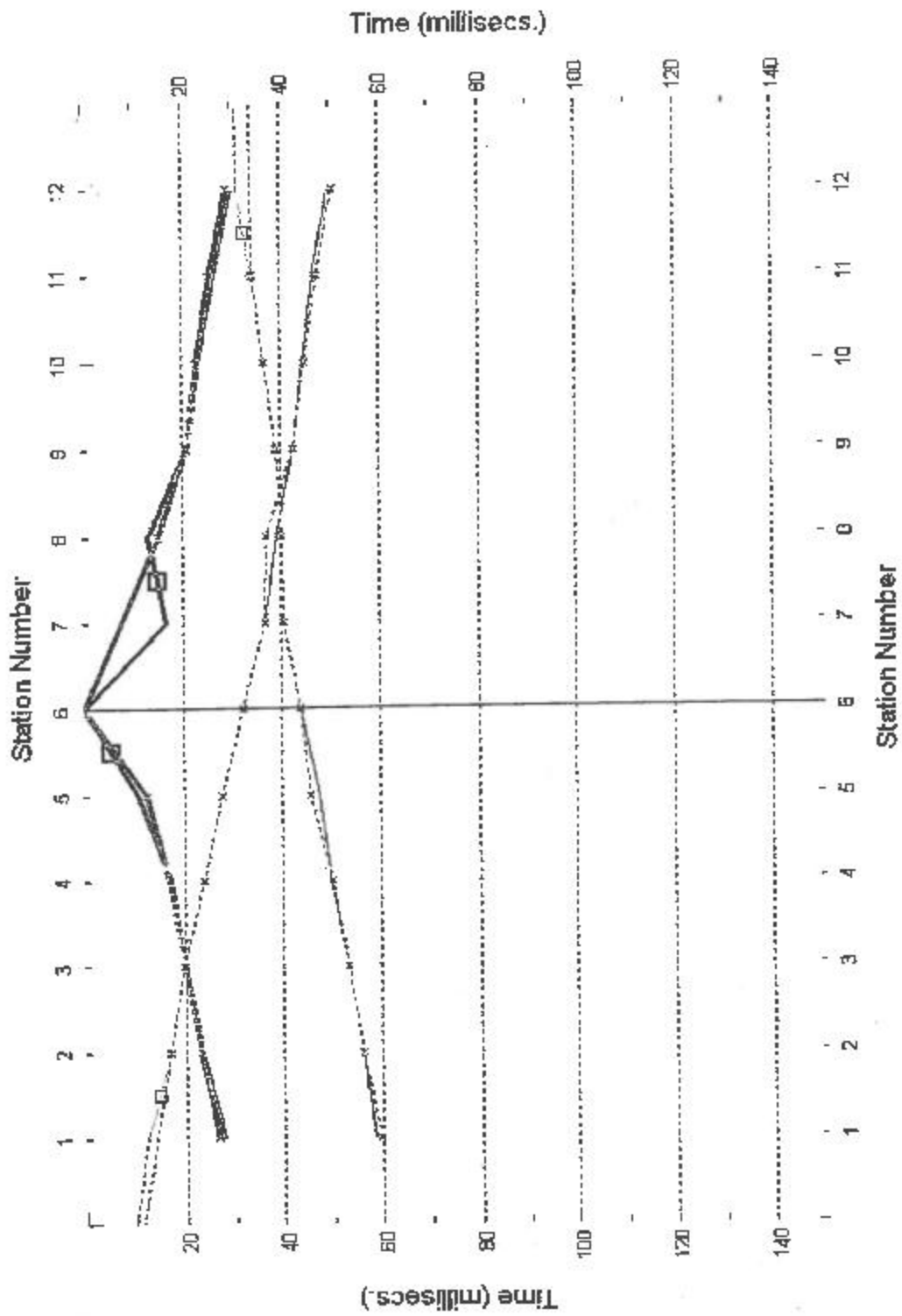




# Dromocrone stendaimento PSZ



# Dromocrone stendimento PS3





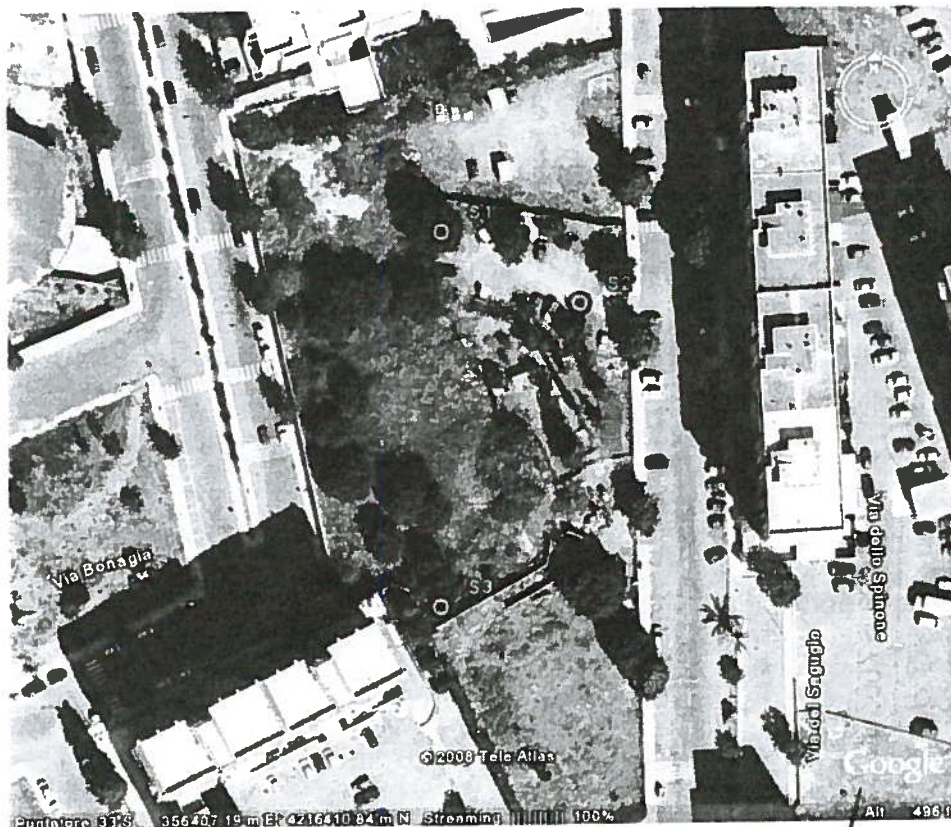
COPIA CONFORME ALL'ORIGINALE  
 Ing. Luigi Di Lorenzo  
 Comune di Palermo  
 Settore Urbanistica ed Edilizia

**COMUNE DI PALERMO**  
**SETTORE URBANISTICA ED EDILIZIA**

**CENTRO POLIFUNZIONALE PER MINORI IN LOCALITA' BONAGIA**

**RELAZIONE GEOLOGICA**

**Integrazione**



Il Geologo  
 Dott. Vincenzo Giambruno

Il R.U.P.  
 Arch. Federico Lazzaro

Parere Tecnico ai sensi dell'art. 102  
 comma 1 della legge 109/94 coordinata  
 con la L.R. 7/02 e 7/03  
 n. 13 del 23 LUG 2010  
 Palermo settembre 2009

Ing. Luigi Di Lorenzo



Oggetto: CENTRO POLIFUNZIONALE PER MINORI IN LOCALITA' BONAGIA.  
RELAZIONE GEOLOGICA.



Ad integrazione di quanto descritto nello studio geologico di cui all'oggetto si  
precisa che:

- nell'area sono stati eseguiti n.3 sondaggi geognostici a carotaggio continuo;
- tutti i sondaggi sono stati attrezzati con tubazione piezometrica e pozzetti di protezione;
- dalle misurazioni eseguite con freatimetro PASI modello BFK50, non è stata riscontrata la presenza di falda acquifera.

Pertanto, alla luce delle suddette indagini, il livello freatico è ad una profondità tale da non interferire con le opere di fondazione previste in progetto.

Il Geologo  
Dott. Vincenzo Giambruno

Il R.U.P.  
Arch. Federico Lazzaro

COPIA CONFORME ALL'ORIGINALE

Ing. Luigi Di Lorenzo

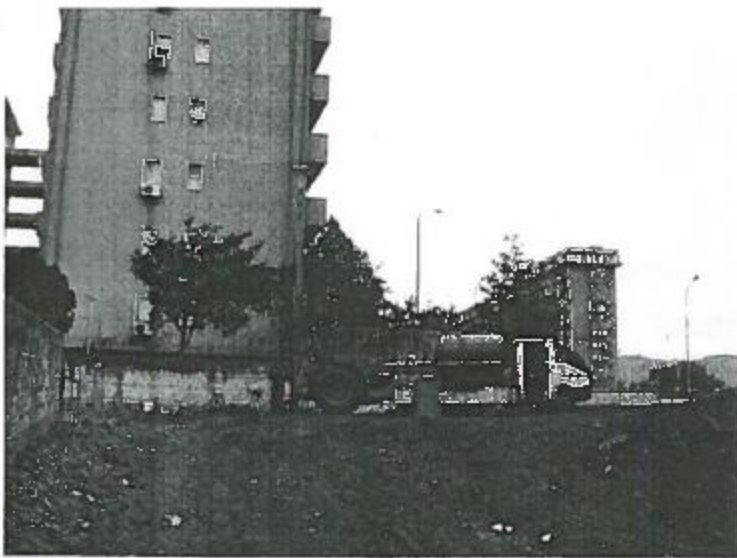


*[Handwritten signature]*

## COMUNE DI PALERMO

### CENTRO POLIFUNZIONALE PER MINORI IN LOCALITA' BONAGIA (PA) INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITU ED IN LABORATORIO

### "INDAGINI GEOGNOSTICHE"



Parere Tecnico ai sensi dell'art. 7bis,  
comma 1 della legge 109/94 coordinata  
con la L.R. 7/02 e 7/03

n: *13* del

23 LUG 2010  
I.R.U.P.

Ing. Luigi Di Lorenzo



*[Handwritten signature]*

Palermo, dicembre 2008



COMUNE DI PALERMO

**CENTRO POLIFUNZIONALE PER MINORI IN LOCALITA' BONAGIA  
INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITU ED IN LABORATORIO**

PREMESSA

Nella presente relazione vengono esposti i risultati delle indagini geognostiche eseguite nell'ambito del progetto dei lavori di indagini geognostiche per il centro polifunzionale per minori in località Bonagia Palermo.

Le indagini geognostiche in argomento sono state eseguite dalla ditta Si.Ar. Trivellazioni di Rosario Simonetti nel periodo dicembre 2008

La campagna di indagini si è articolata mediante l'esecuzione di n° 3 sondaggi meccanici con sonda idraulica a rotazione a carotaggio continuo con profondità di investigazione di m 20,00, per complessivi ml 60,00 di perforazione e nell'esecuzione di profili sismici.

Nel corso dei sondaggi geognostici, sono stati eseguiti n° 9 prove S.P.T. , secondo le direttive impartiteci dalla D.L.

Le cassette catalogatrici contenenti i campioni di terreno estratti durante i carotaggi , sono state conservate presso i locali di proprietà della Si.Ar. trivellazioni.

## ATTREZZATURE IMPIEGATE IN CANTIERE

Qui di seguito viene riportato l'elenco delle attrezzature impiegate in cantiere per l'esecuzione della campagna di indagini geognostiche in argomento:

- perforatrice idraulica a rotazione CMV mod. MK 800 Dd montata su motrice SAME gommata, equipaggiata con pompa di circolazione a pistoncini Clivio da 90 l/min e pompa scarotatrice a pistoncini ad alta pressione;
- autocarro Fiat 180 con pianale per trasporto macchine operatrici;
- autocarro Iveco 100.15 munito di cisterna da lt 2000;
- autocarro Iveco 40.8 munito di cisterna;
- autocarro ford transit;
- carotiere semplice Craelius  $\Phi$  101 mm;
- corone con inserti in Vidia;
- campionatore NE. SGI;
- tubi di rivestimento filettati  $\Phi$  127 mm utilizzati per il rivestimento e la stabilizzazione dei tratti di perforo in cui si manifestavano franamenti del perforo;
- attrezzatura completa standard per prove S.P.T.

## SONDAGGI GEOGNOSTICI A CAROTAGGIO CONTINUO

La campagna di sondaggi geognostici, come già anticipato, si è articolata mediante l'esecuzione di n° 3 sondaggi geognostici eseguiti a rotazione a

carotaggio continuo con profondità di investigazione di m 20,00, per complessivi ml 60,00 di perforazione.

I sondaggi sono stati eseguiti con una sonda idraulica a rotazione CMV mod. MK 800 Dd montata su motrice SAME gommata, equipaggiata con pompa di circolazione a pistoncini Clivio da 90 l/min e pompa scarotatrice a pistoncini ad alta pressione.

I campioni di terreno estratti sono stati posti in apposite cassette catalogatrici con idonei scomparti atti alla conservazione delle carote. I campioni di terreno sono stati quotati ad ogni manovra, e la quota relativa è stata riportata in cassetta. Anche le quote delle prove S.P.T. sono state riportate in cassetta.

Per ogni singolo sondaggio è stato compilato il relativo profilo geognostico indicante il numero progressivo del sondaggio, il cantiere, la data di esecuzione, il metodo di perforazione.

#### Prove penetrometriche dinamiche (SPT)

Durante l'esecuzione dei sondaggi geognostici, sono state eseguite n° 9 prove penetrometriche dinamiche (SPT). Le prove sono state eseguite, previa eliminazione dei detriti di perforazione da fondo foro, con campionatore Raymond apribile longitudinalmente. Il dispositivo di battuta impiegato è un maglio del peso di 63,5 Kg con volata di 760 mm con dispositivo di sganciamento automatico tipo Pilcon. Per il collegamento tra il maglio ed il campionatore sono state utilizzate aste  $\phi$  76 mm del peso di 11,4 Kg/m.

Nella tabella che segue vengono riportati i risultati delle prove SPT in termini di numero di colpi per ogni tratto di 15 cm ( $N_1$ ,  $N_2$  e  $N_3$ ) ed in termini di



resistenza alla penetrazione  $N_{spt}$  (numero di colpi necessario per l'infissione vera e propria, pari a 300 mm, dopo i 150 mm di inissione preliminare :

Sondaggio	Profondità (m)	$N_1$	$N_2$	$N_3$	$N_{spt}$
S 1	6,00	26	41	>50	>50
S 1	9,00	>50			>50
S 1	12,30	17	35	47	82
S 2	6,00	11	10	13	23
S 2	9,00	16	16	25	41
S 2	12,00	9	15	17	32
S 3	6,50	8	16	17	33
S 3	9,00	>50			>50
S 3	12,00	19	25	32	57

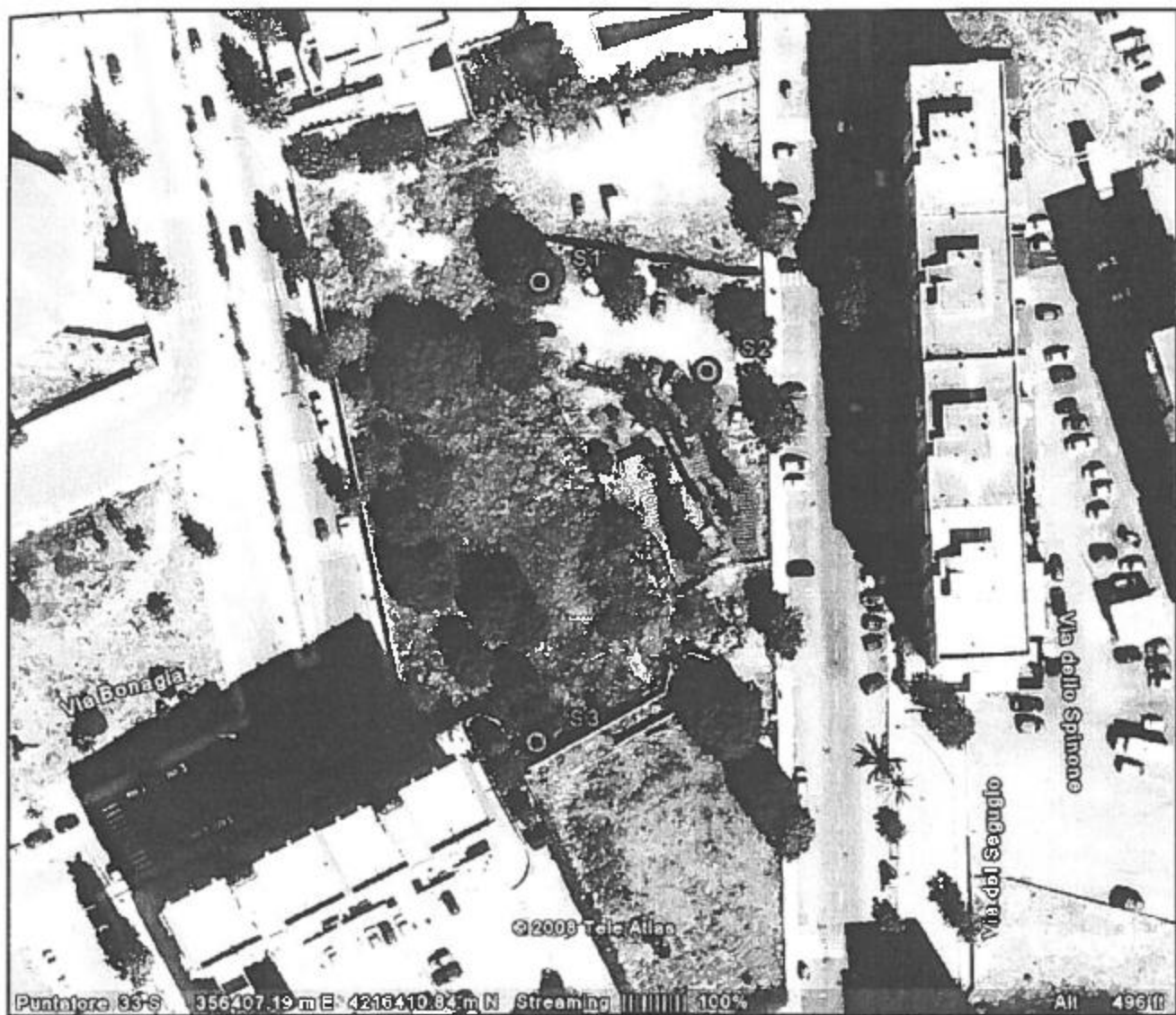
Tutti i sondaggi sono stati attrezzati con tubazione piezometrica e pozzetti di protezione.

Allegati:

- Relazione;
- Ortofoto con ubicazione sondaggi;
- Profili geognostici dei sondaggi;
- Documentazione fotografica;
- Relazione e foto sulle indagini geofisiche.

Palermo dicembre 2008

L'IMPRESA  
*Amuchini*  
SLAR TRIVELLAZIONI  
E TACCHARE



*Ortofoto (tratta da Google Earth) con ubicazione dei sondaggi.*



S.I. Ar. Trivellazioni di Rosario Simonetti

SONDAGGIO GEOGNOSTICO

Sede legale: Via Al Casale Settimo, 3/F - Sede Operativa: Via Valgrazza, 211 - 90125 Palermo - P.IVA 04332060823  
Tel. e fax: 091 6470073 - Cell. 3336216000  
Site web: www.siartrivellazioni.com - Email: info@siartrivellazioni.com

Comitente L'Ente di Palermo	Progetto 20/06	Carica del P.T.	Località Campagna Sanale (Palermo)	foglio 1 di 1
Operato L'Ente / Consorzio	Ingegnere Sondaggio Geognostico	Relazione/ubicazione Via del Seggiole		PROGETTO 23 Dicembre 2000
Responsabile Dott. Geol. Ferdinando Hill	Sondata S-	Tipo Sondaggio Continuo	Tipo Sonda D/N 600	Coordinate UTM Geoid 6604

Cote (m)	Livello	Descrizione	Quota	Sondaggio R/N				S.N.T (P/Chim)	Campioni	Diametro	Ingresso Percussioni	Ingresso Cavitazioni	Cavo Cavitazioni	Profondità (m)	Lughi (m) (P) e (L) (Lughi in m)	P- (L)
				1	2	3	4									
		Strato siltoso di terreno sciolto.	0.70													
1		Terreno massiccio compatto da una frangitura fine a grossa con elementi prevalentemente calcareo e sabbiosi di colore castoreo.	2.00													
2		Calcareo compatto, a tratti nodulare, abbondante compatto con alternanza di sabbie e limo.	3.30													
3		Livello di calcarenite compatte e fossilifere. Calcareo compatto, a tratti nodulare, abbondante compatto con alternanza di sabbie e limo.	4.30													
4																
5								20 - 45 - R 6.00 PC					1	6.50		
6																
7																
8																
9		Livello di calcarenite compatte e fossilifere. Calcareo compatto, a tratti nodulare, abbondante compatto con alternanza di sabbie e limo.	8.70					R - R - R 9.00 PC								
10																
11																
12								17 - 35 - 47 12.00 PC					2	12.30		
13																
14																
15																
16																
17																
18		Livello di calcarenite compatte e fossilifere.	18.00													
19		Calcareo compatto, a tratti nodulare, abbondante compatto con alternanza di sabbie e limo.	18.60													
20																
21																
22																
23																
24																
25																
26																
27																
28																
29																
30																
31																
32																
33																
34																
35																
36																
37																
38																
39																
40																
41																
42																
43																
44																
45																
46																
47																
48																
49																
50																
51																
52																
53																
54																
55																
56																
57																
58																
59																
60																
61																
62																
63																
64																
65																
66																
67																
68																
69																
70																
71																
72																
73																
74																
75																
76																
77																
78																
79																
80																
81																
82																
83																
84																
85																
86																
87																
88																
89																
90																
91																
92																
93																
94																
95																
96																
97																
98																
99																
100																
101																
102																
103																
104																
105																
106																
107																
108																
109																
110																
111																
112																
113																
114																
115																
116																
117																
118																
119																
120																
121																
122																
123																
124																
125																
126																
127																
128																
129																
130																
131																
132																
133																
134																





S.I. Ar. Trivellazioni di Rosario Simonetti

SONDAGGIO GEODINOSTICO

Sede legale: Via Al Casale Settimo, 3/F - Sede Operativa: Via Villagrassi, 211 - 90125 Palermo - P.IVA 04332060823

Tel. e fax: 091 6470073 - Cell. 3356216088

Sito web: www.siartrivellazioni.com - Email: info@siartrivellazioni.com

Comune Esatto Comune di Palermo	Profondità massima 20,00	Quota W.P.L.	Luzza Quartiere Bovigie (Palermo)	Pagina 1 di 1
Operatore D. Di Stefano / Lorusso	Tipologia Sondaggio Geodinostico	Altitudine Via del Segugio		Nota Preliminare esecuzione 24 Dicembre 2008
Responsabile Dott. Geol. Ferdinando Melli	Struttura C2	Tipologia Continua	ipso metro CMF 600	Livello UTM (East-North)

SONDAGGIO (m)	Struttura	Descrizione	Quota	W.Combaggio L.Q.O.	SPT (4F Dob)	Comportamento	Corrosione	Altezza Pulsatore	Massa Pulsatore	Altezza Pulsatore	Corrosione	Quota (P) o altitudine (L)	P-10
0		Livello superficiale di terreno vegetale.											
1		Terre rosse mediole costituite da una frazione fine a grasse con elementi prevalentemente caratteristici elementari di ordine archeometrico.	1,00										
2		Calcestruzzo grigliato, a tratti nodulare, abbastanza compatto con sbraccio di sabbia e limo.	2,00										
3			3,00										
4		Livello di calcarenite compatte.	3,70										
5		Calcestruzzo grigliato, a tratti nodulare, abbastanza compatto con sbraccio di sabbia e limo.	5,60								1		
6		Livello di calcarenite compatte e fossilifere.	6,00								5,00		
7		Calcestruzzo grigliato, a tratti nodulare, abbastanza compatto con sbraccio di sabbia e limo.											
8			8,00										
9		Livello di calcarenite compatte.	9,20										
10		Calcestruzzo grigliato, a tratti nodulare, abbastanza compatto con sbraccio di sabbia e limo.											
11													
12											2		
13											11,70		
14													
15													
16													
17											3		
18											17,00		
19													
20			20,00								4		

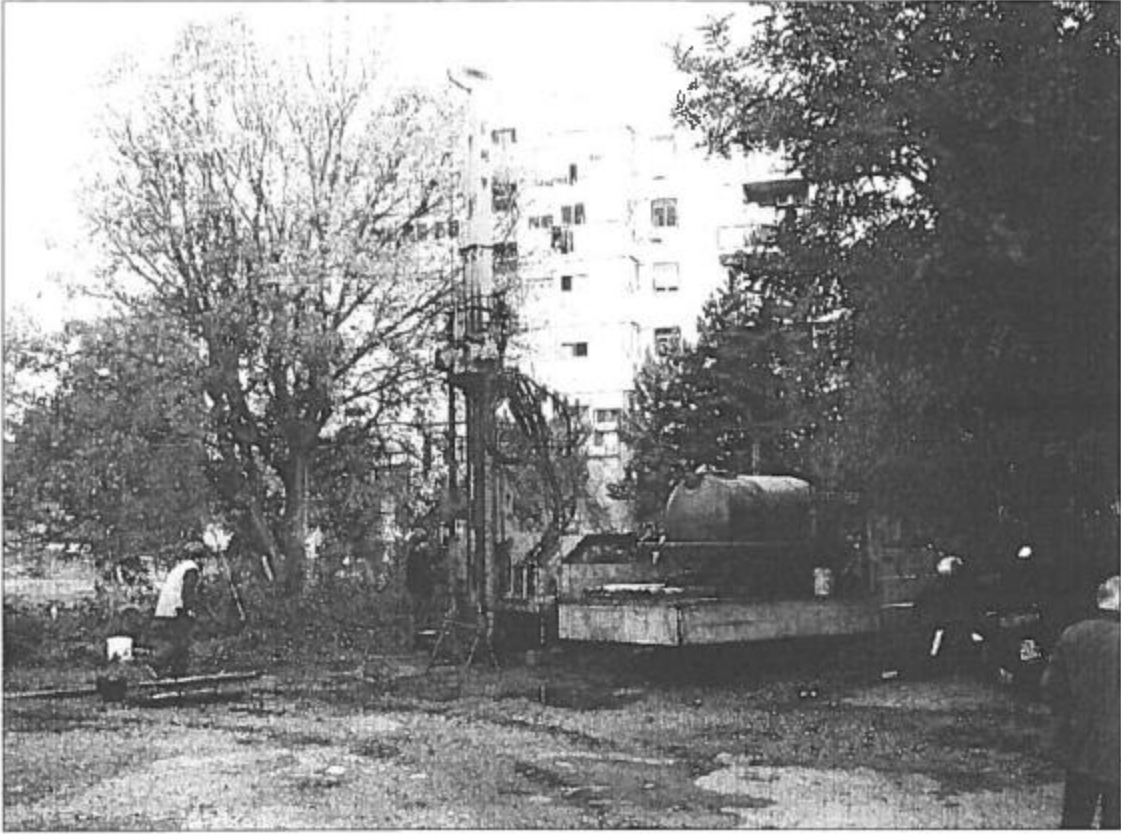
Caratteristiche SPT: C=Caricamento, M=Metro, R=Resistenza, R-F=Resistenza in F  
 F=Forza, G=Grado, C=Caricamento, C=Coscia  
 Performance: CS-Caricamento Semplice, CC-Caricamento Doppio, CC Bilanciato  
 Resistenza: RR-Resistenza in Radice, R-F=Resistenza in F  
 Note SPT: RAR=Resistenza, RC=Resistenza  
 P=Profondità Continua

Serie 2-4-108

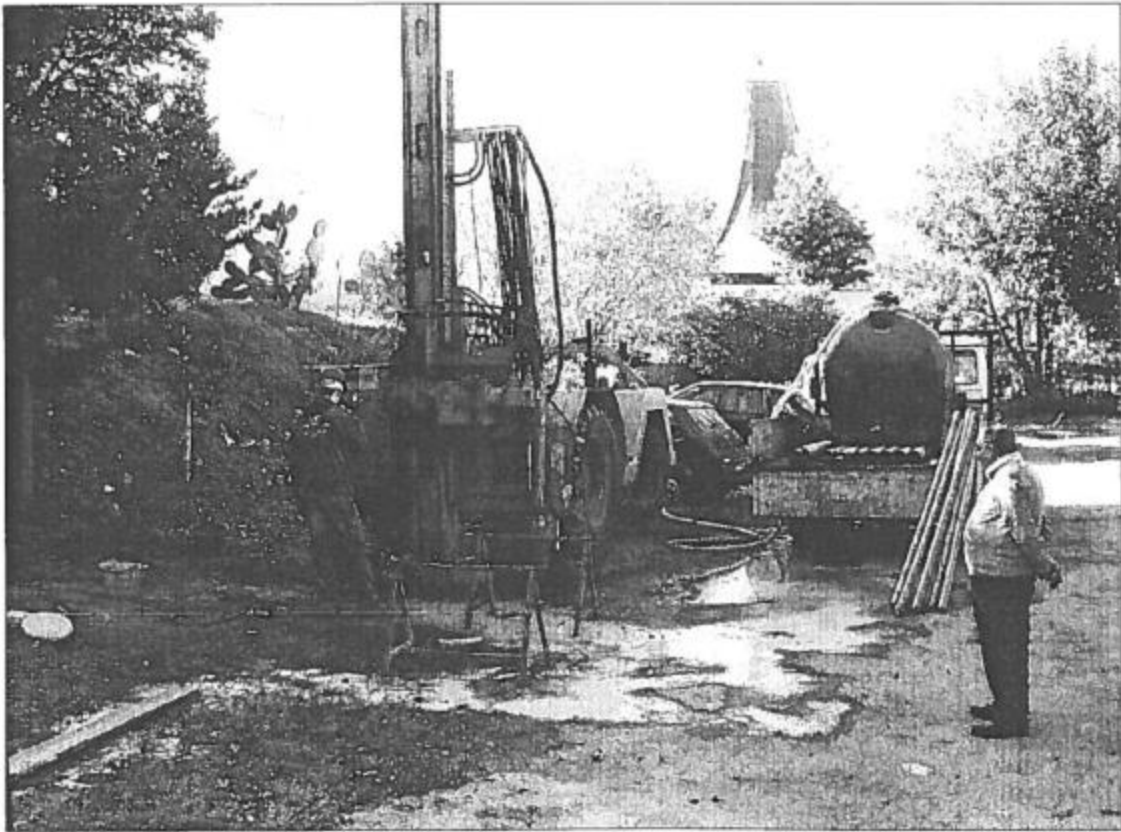
I Direttore dei lavori

Il Geologo





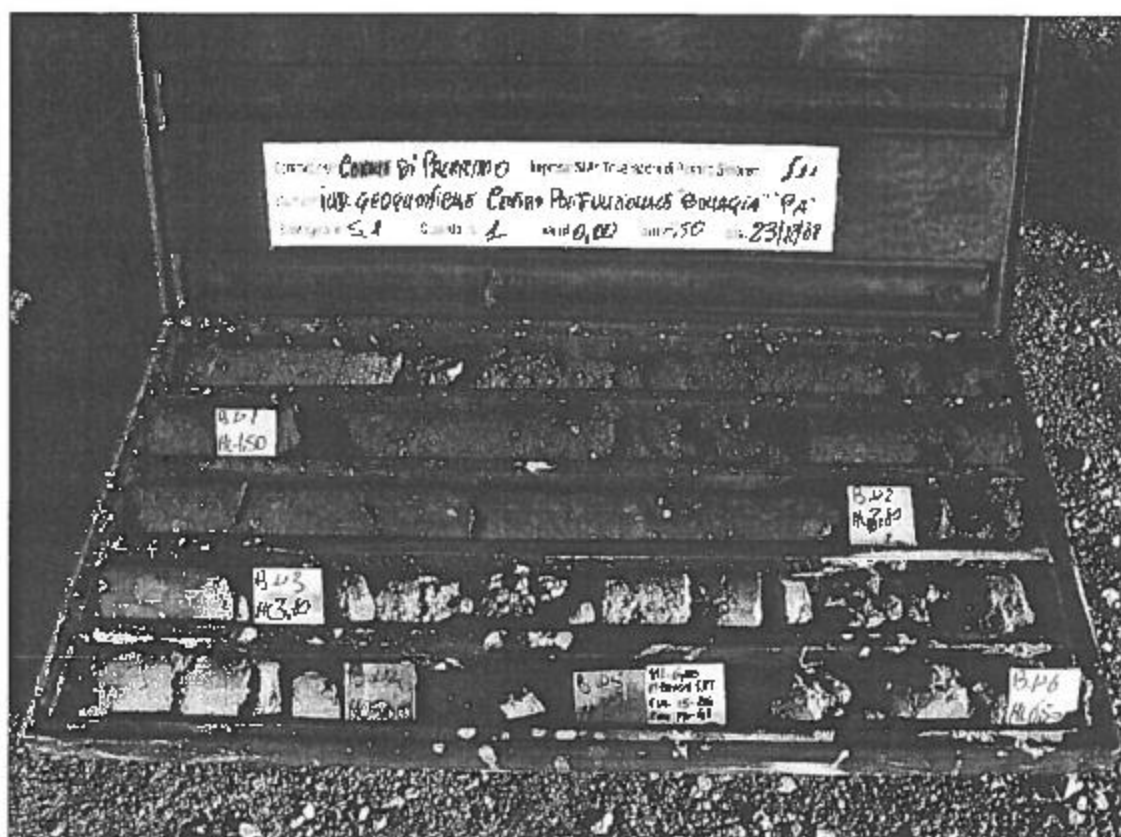
*Postazione Sondaggio S1*



*Postazione Sondaggio S2*

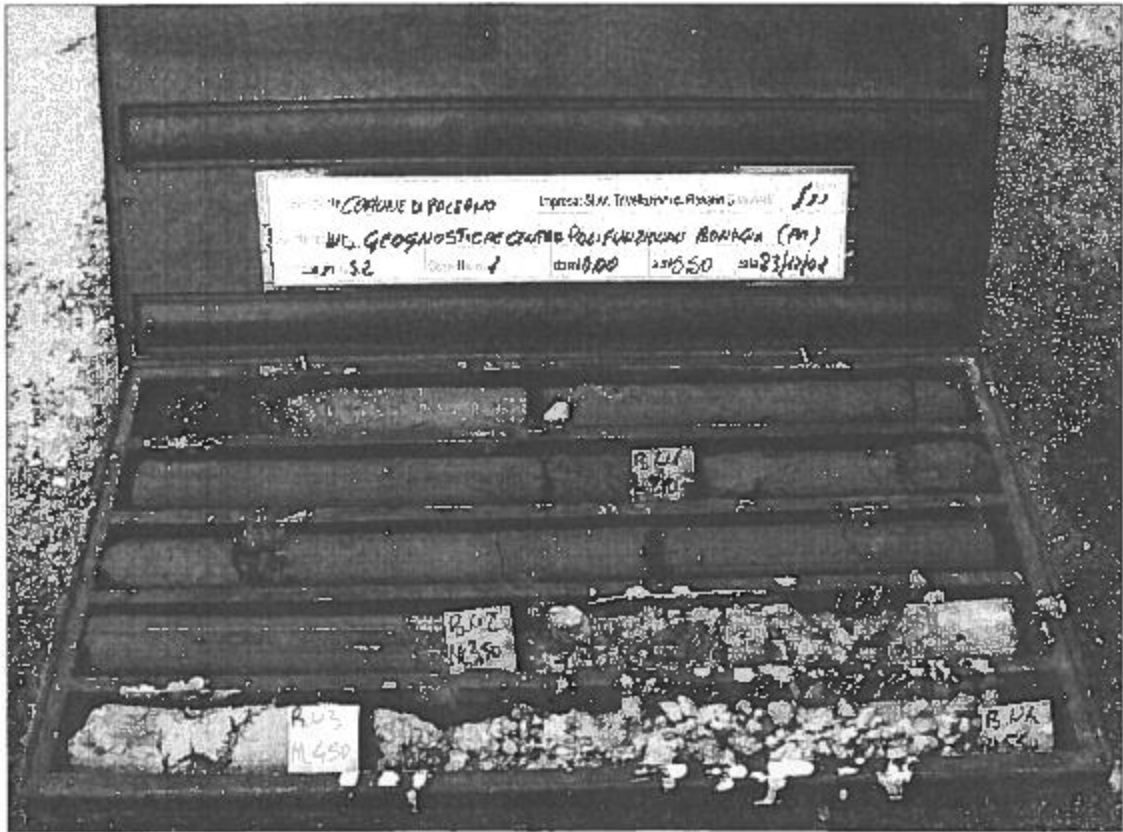
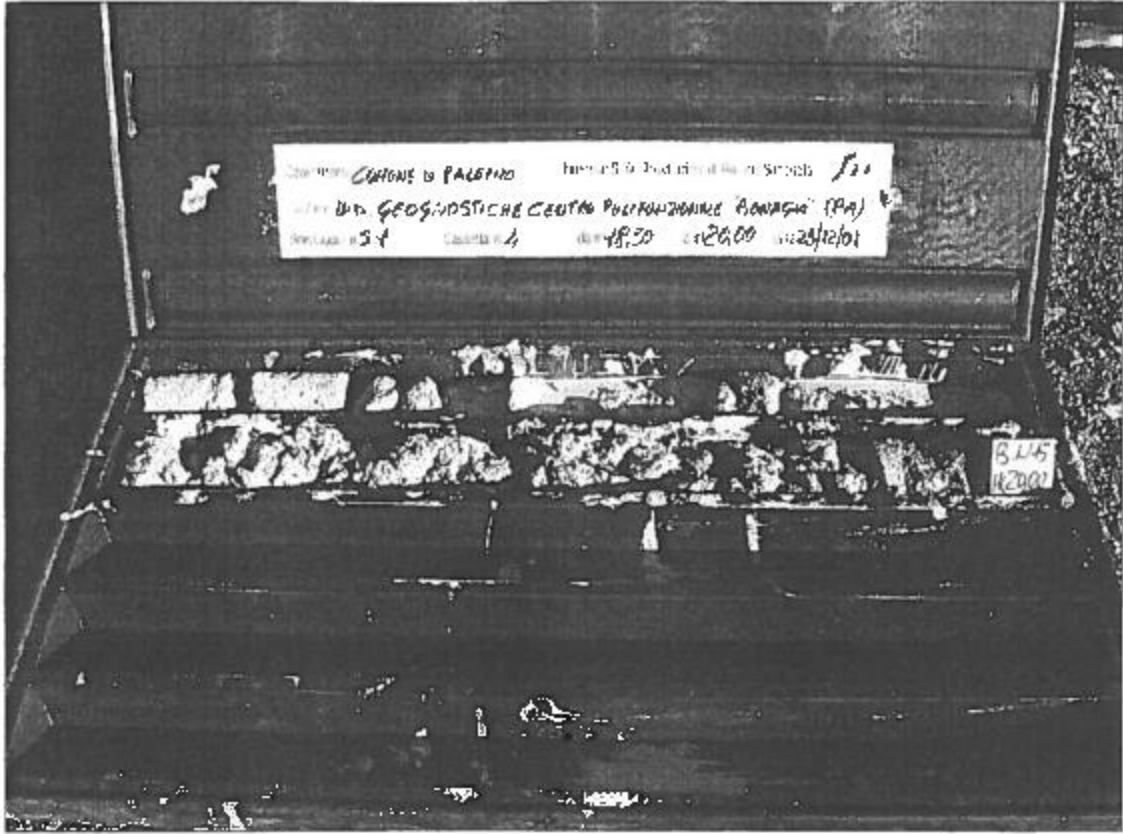


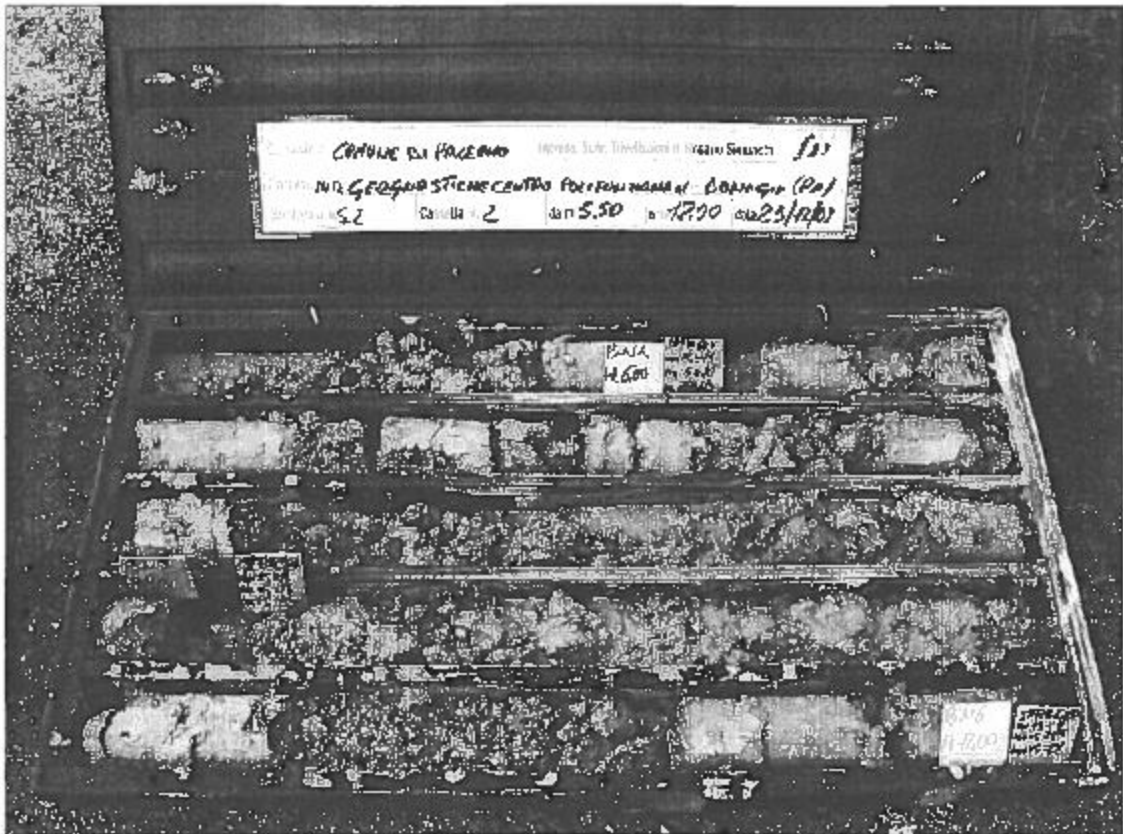
Postazione Sondaggio S3

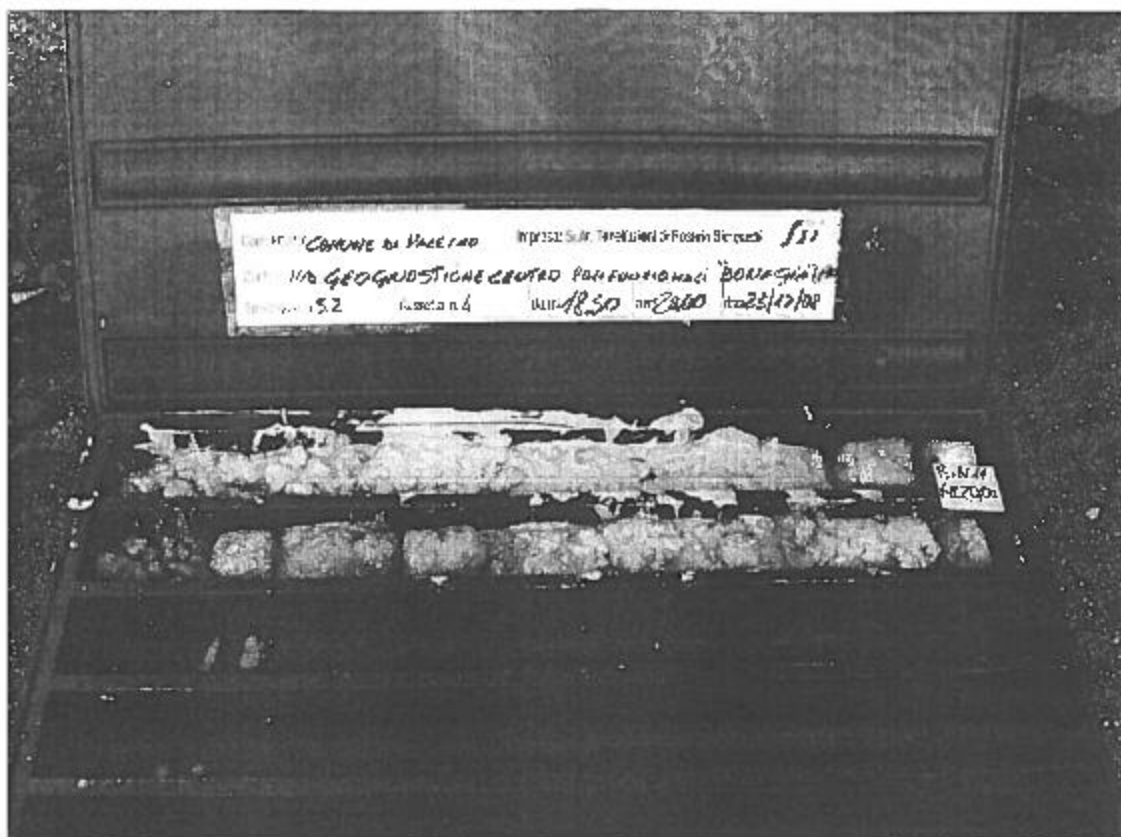




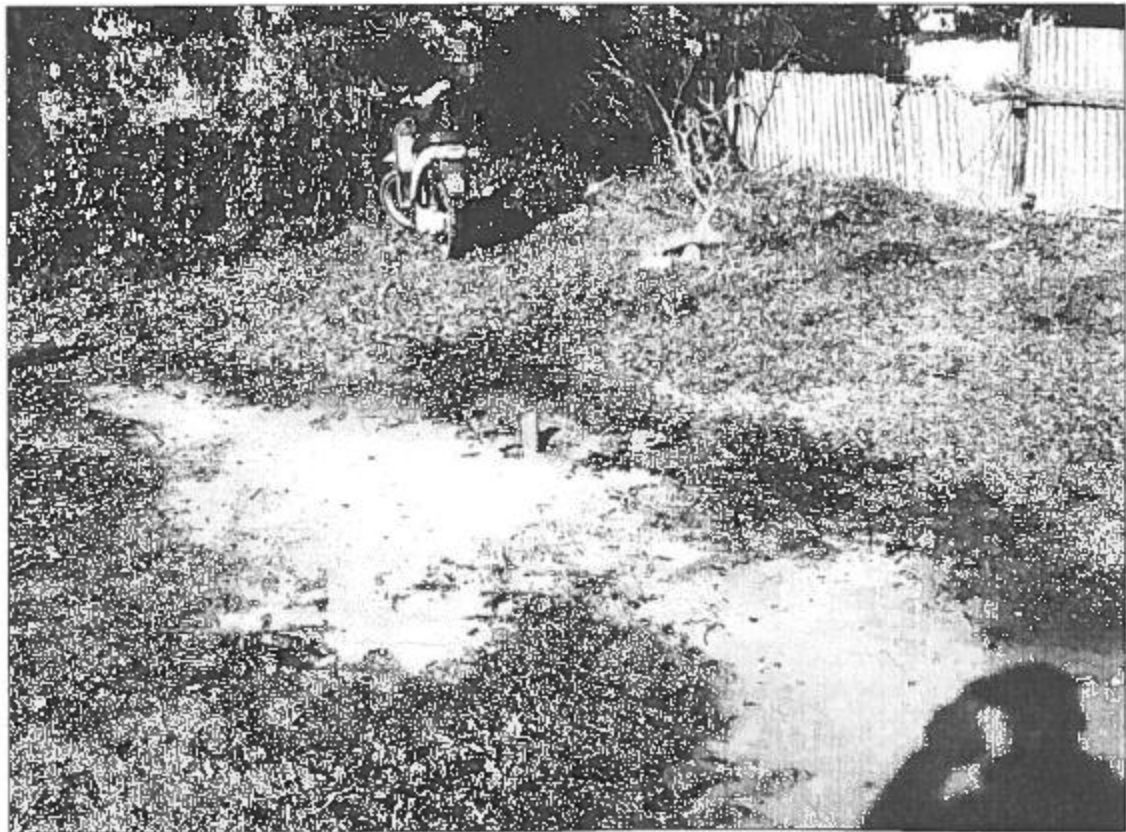
















## INDAGINI GEOFISICHE

## INDICE

1. Descrizione delle attività svolte.....	Pg1
2. Descrizione e finalità della metodologia di indagine "MASW".....	Pg2
3. Descrizione e finalità delle prove sismiche a rifrazione(onde P).....	Pg4
4. Interpretazione della prova "MASW".....	Pg6
5. Interpretazione dei profili sismici a rifrazione.....	Pg16
6. Considerazione conclusive.....	Pg18

Costituiscono Allegati:

- Documentazione fotografica e relativa disposizione in mappa dei sondaggi eseguiti.
- Geometria dei Rifrattori e relative Dromocrone



## **“Relazione sulla Indagine Geofisica”**

### **1. DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ SVOLTE**

Nella presente relazione, vengono descritte le risultanze relative a n°3 sondaggi geofisici del tipo “MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)”, e a n°3 profili sismici a rifrazione, eseguiti su incarico della ditta “Si.Ar. Trivellazioni di Rosario Simonetti”, inerenti il progetto per la realizzazione di un “Centro Polifunzionale per Minori” in località Bonagia, nel Comune di Palermo.

*In particolare è stata eseguita la seguente tipologia di indagine :*

### **“MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)**

MASW	Lunghezza Stendimento (m)	Step - Geofoni (m)	*Offset (m)
MASW_1	22	1	5
MASW_2	46	2	5
MASW_3	22	1	5

### **“Prospezione sismica a rifrazione”**

PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE (12 canali)	Lunghezza Stendimento	OFFSET* Andata	OFFSET* Ritorno	OFFSET* Centrale
PS1	22.0 m	5,0m	5,0 m	1,25 m
PS2	44.0 m	5,0m	7,0 m	2,0 m
PS3	22.0 m	5,0m	5,0 m	1,25 m

## **2. DESCRIZIONE E FINALITA' DELLA METODOLOGIA DI INDAGINE "MASW"**

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva che individua (al centro dello stendimento) il profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$ , basandosi sulla misura delle onde superficiali, fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo.

Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase, anche se influenzate dalla  $V_p$  (Velocità delle onde P) e della densità, esse sono strettamente correlate alla  $V_s$  (parametro di fondamentale importanza nella caratterizzazione geotecnica di un sito e negli studi di amplificazione dello scuotimento sismico).

La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile dal fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo. In questo metodo le onde superficiali generate in un punto, sulla superficie del suolo sono misurate da uno stendimento lineare di sensori. Che permettono di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5Hz e 70Hz, dando così, informazioni sui primi 30m-50m di profondità di indagine, in funzione della rigidità del suolo.

### 2.1 attrezzatura utilizzata e metodologia d'esecuzione

La strumentazione utilizzata per l'acquisizione dei dati è un sismografo a 24 canali ECHIO 12-24/2002 della "Ambrogeo", con n°24 geofoni verticali aventi un periodo proprio di 4,5 Hz, una mazza battente di 8 kg, a sua volta dotata di uno starter da accoppiare al circuito trigger del sismografo.

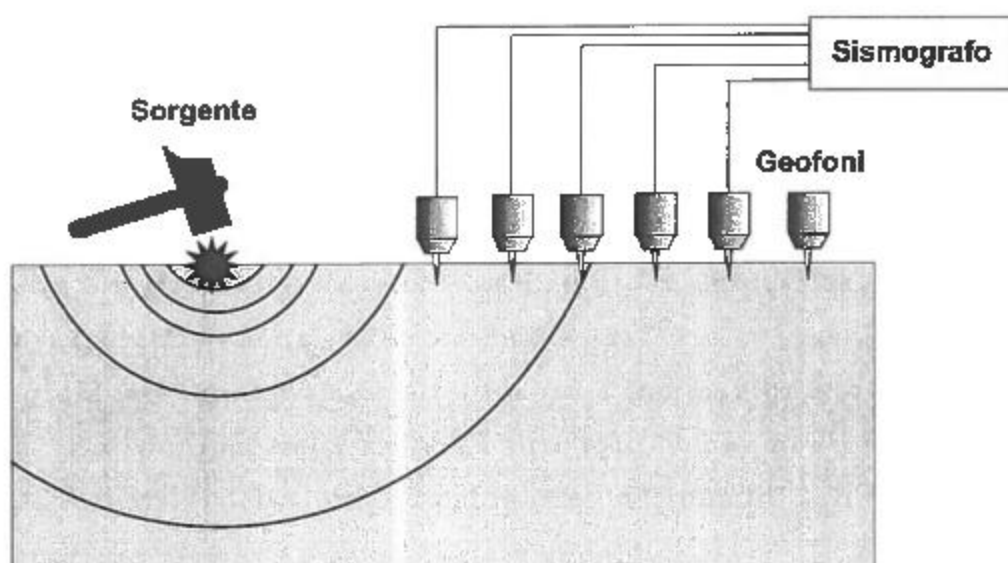
## Inalagini Sismiche

Dot. Geol. Giuseppe Gugliuzza  
Tel. 333/3822395

Centro Polifunzionale Bonagia

La prova è consistita nel produrre sulla superficie del terreno, in prossimità del sito da investigare, sollecitazioni dinamiche verticali, per la generazione delle onde P, e nel registrare le vibrazioni prodotte, sempre in corrispondenza della superficie, a distanze note e prefissate mediante sensori (geofoni) a componente verticale.

Per ogni prova sono stati effettuati N° 3 energizzazioni, con un offset (distanza dal geofono n°1) di 5 e 10 m.



### **3. DESCRIZIONE E FINALITA' DELLE PROVE SISMICHE**

#### **A RIFRAZIONE (ONDE P)**

Il metodo della sismica a rifrazione consiste nel caratterizzare dinamicamente, tramite la misura delle velocità di propagazione delle onde di compressione (onde P), le unità litologiche presenti nell'area di indagine e determinarne la geometria (spessori e superfici di contatto) nel sottosuolo.

In particolare nel metodo dei profili sismici a rifrazione si considerano le così dette onde di testa, cioè le onde che sotto opportune condizioni (stratificazioni con velocità dei rifrattori crescenti con la profondità) impiegano minor tempo per compiere i percorsi del sottosuolo e ritornare in superficie.

Analizzando l'andamento dei tempi di arrivo delle onde sismiche, in funzione della distanza della sorgente, si determina nella fattispecie, sotto opportuni calcoli, la velocità di propagazione delle onde sismiche di tipo P, nei diversi strati individuati, e la geometria (spessore e inclinazione) dei rifrattori.

Dalla stima della velocità ottenute, è poi possibile ricostruire la geometria delle unità litologiche, definendo gli spessori delle coperture alterate e rimaneggiate superficiali.

#### **3.1 Attrezzatura utilizzata e metodologia d'esecuzione**

La strumentazione utilizzata per l'acquisizione dei dati è un sismografo a 24 canali ECHO 12-24/2002 della "Ambrogeo", con 12 geofoni verticali aventi un periodo proprio di 14 Hz, una mazza battente di 8 kg, a sua volta dotata di uno starter da accoppiare al circuito trigger del sismografo.

La prova è consistita nel produrre sulla superficie del terreno, in prossimità del sito da investigare, sollecitazioni dinamiche verticali, per la generazione delle onde P, e nel registrare le vibrazioni prodotte, sempre in corrispondenza della superficie, a distanze note e prefissate mediante sensori (geofoni) a componente verticale.

Lungo gli stendimenti sono stati disposti N° 12 geofoni con passo di campionamento (distanza intergeofonica) di 1,0 metri per i profili PS1 e

PS3, e di 2,0 per il profilo PS3. Per ogni prova sono stati effettuati N° 3 energizzazioni, di cui uno esterno diretto, uno centrale, e uno esterno reciproco con uno staking di almeno 3 battute per misura. In tal modo utilizzando delle energizzazioni dirette e reciproche, si può ottenere una restituzione soddisfacente dell'andamento dei rifrattori, laddove il substrato presenta una superficie di discontinuità non piana, (metodo reciproco di Hawkins).

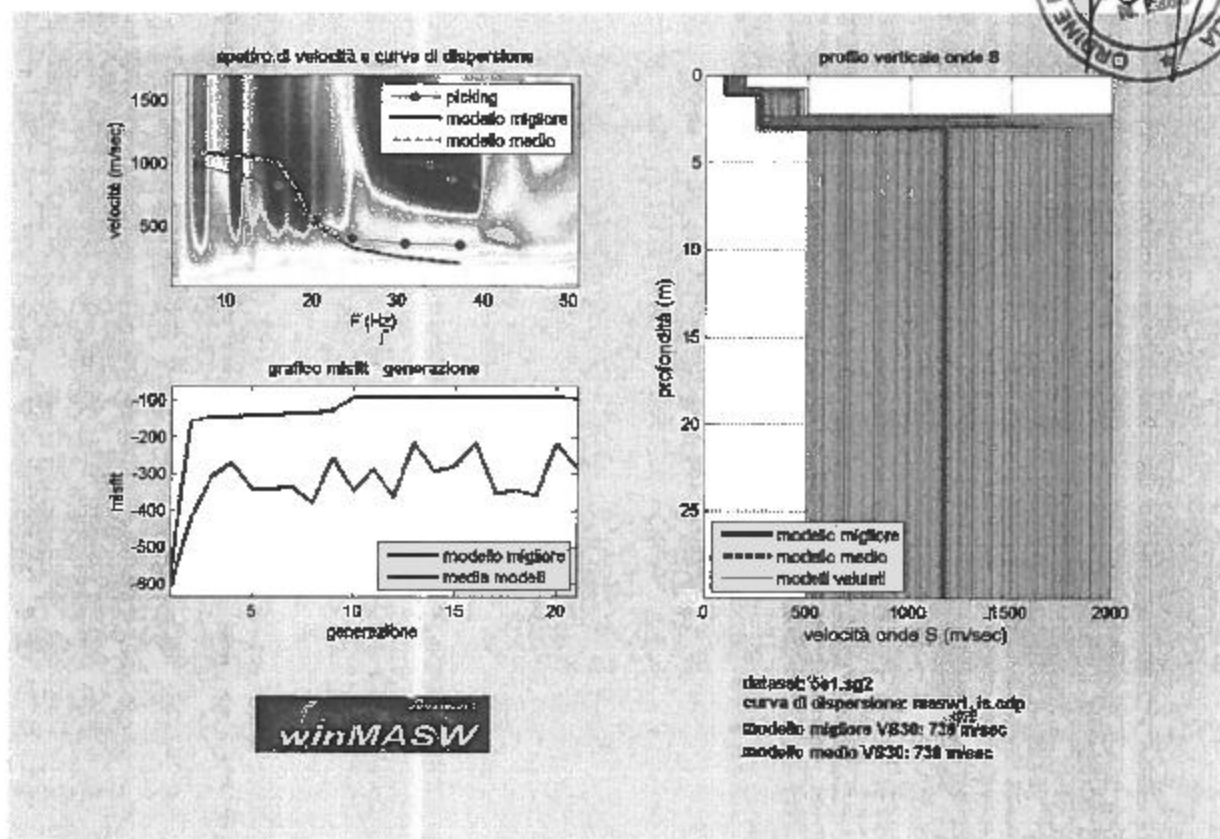
L'energizzazione è stata effettuata con una mazza battente di 8 kg mediante l'urto su una apposita piastra di alluminio, da un'altezza di 2,00 metri, con un tempo di acquisizione di 100 msec (millisecondi).

#### 4.0 INTERPRETAZIONE DELLA PROVA "MASW"

I dati sismici registrati in campagna sono stati elaborati utilizzando il software WinMasw 3.0. L'operazione di processing consiste nell'individuare la curva di dispersione delle onde Rayleigh tramite piking sullo spettro di velocità ottenuto dai dati acquisiti, dopodichè mediante l'utilizzo di una potente tecnica di ottimizzazione (algoritmi genetici) viene ricavato un modello del profilo verticale delle Vs che soddisfa l'andamento della curva di dispersione sperimentale misurata. I sismostrati ottenuti dal profilo Vs dopo una opportuna verifica di riscontro con le condizioni geologiche del sito, saranno caratterizzati sismicamente dai relativi valori di Vs, Vp, Densità, Modulo di Poisson, Modulo di Taglio, Modulo di Compressione, e dalla Costante di Lamè.

Inoltre tali sismostrati verranno utilizzati per il calcolo del Vs30 (velocità media delle onde di taglio nei primi 30 m) così come sancito dalle Nuove Norme Tecniche per la Costruzioni di cui al D.M. 14 Gennaio 2008.

#### Risultati MASW\_1



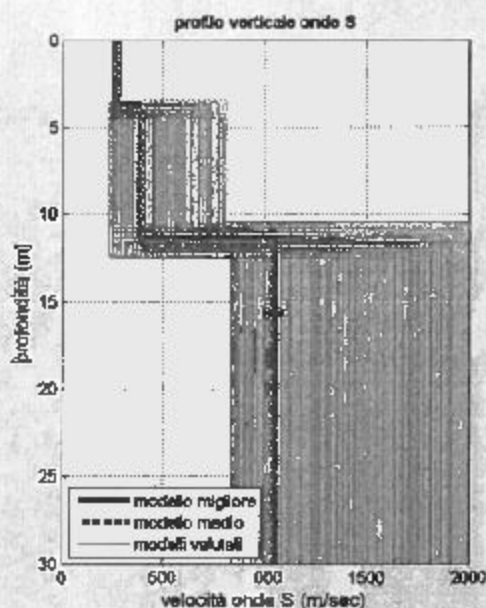
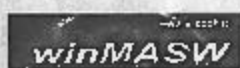
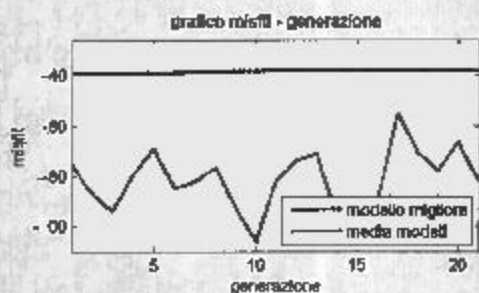
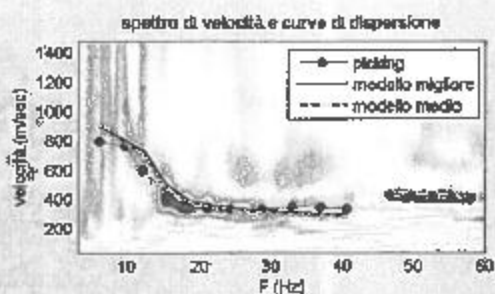
# Indagini Sismiche

Dott. Geol. Giuseppe Gugliuzza  
Tel. 883/8822395

Centro Polifunzionale Boiardo

## Risultati

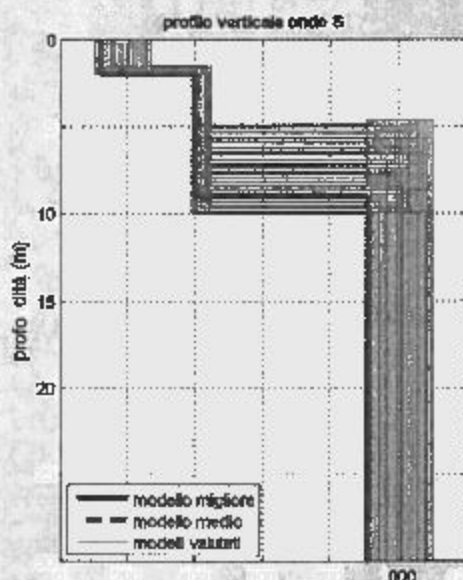
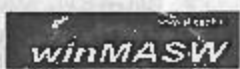
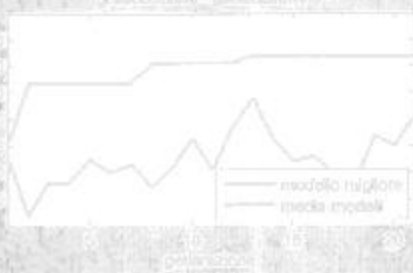
### MASW\_2



dataset: 5g24\_rts.sg2  
curva di dispersione: masw2.odp  
modello migliore V330: 593 m/sec  
modello medio V338: 679 m/sec



### Risultati MASW\_3



migliore m/sec  
modello

4.1 Analisi dei risultati della prova "MASW", e determinazione dei valori dei moduli elastici dinamici .

Dall'analisi dei dati sismici relativo alla prove MASW, si è ottenuto un riscontro abbastanza coerente con l'assetto geologico che caratterizza l'area in studio, il tutto confermato dalla relativa correlazione con i sondaggi geognostici effettuati nell'intorno dell'area progettuale.

In ottemperanza alle "Nuove Norme Tecniche per la Costruzioni di cui al D.M. 14 Gennaio 2008" la classificazione del sito è stata ottenuta sulla base del valore  $V_{s30}$  (velocità media delle onde di taglio nei primi 30 m), dato dalla seguente espressione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

dove  $h_i$  e  $V_i$  indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio dello strato i-esimo (in m/sec), per un totale di N strati presenti nei primi 30 metri superiori.

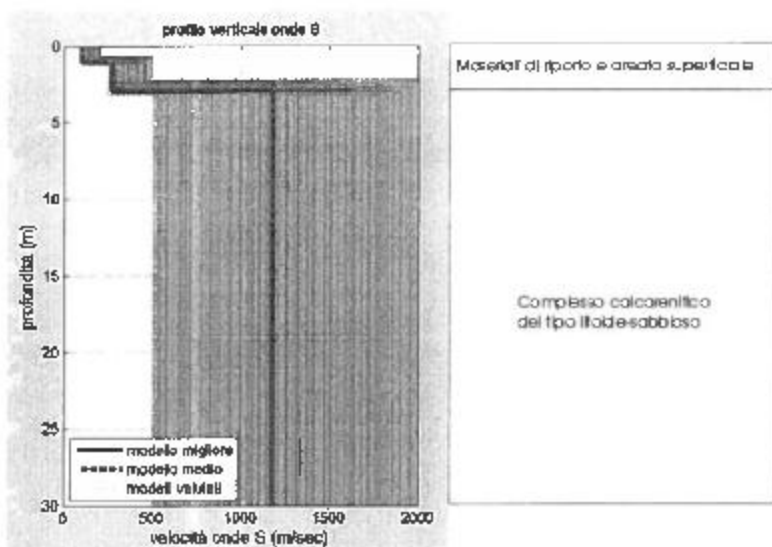
Si è ottenuto un valore di  $V_{s30}$  di 739,00 m/s per la prospezione MASW\_1, di 593,00 m/s per la prospezione MASW\_2 e di 528,00 m/s la per la prospezione MASW\_3, di conseguenza ai fini della definizione della azione sismica di progetto, si può attribuire il suolo di fondazione alla categoria "B", e cioè : *Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessore di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s30}$  compresi tra 360m/s e 800 m/s (ovvero con  $NSPT > 50$ , o  $c_u > 250$  kPa, così come previsto dalla normativa sopra menzionata.*

Nuove Norme Tecniche per la Costruzione D.M. 14 Gennaio 2008		
Categ. Suolo di fondazione "B"	$V_{s30}$ 739,00 m/s	Masw_1
Categ. Suolo di fondazione "B"	$V_{s30}$ =593,00 m/s	Masw_2
Categ. Suolo di fondazione "B"	$V_{s30}$ =528,00 m/s	Masw_3



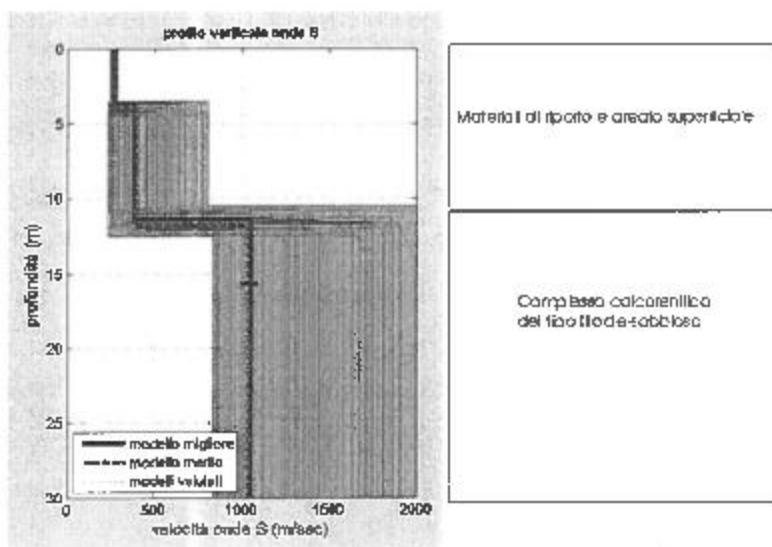


### -Profilo verticale MASW\_1



Da questo profilo si evince che lo spessore della coltre alterata è di circa 3,0 metri, mentre i valori delle velocità delle onde sismiche ottenute dalla prospezione Masw, confermano la presenza di un basamento calcarenitico litoide sabbioso, così come già riportato nelle stratigrafie dei sondaggi a c.c. S1 e S2.

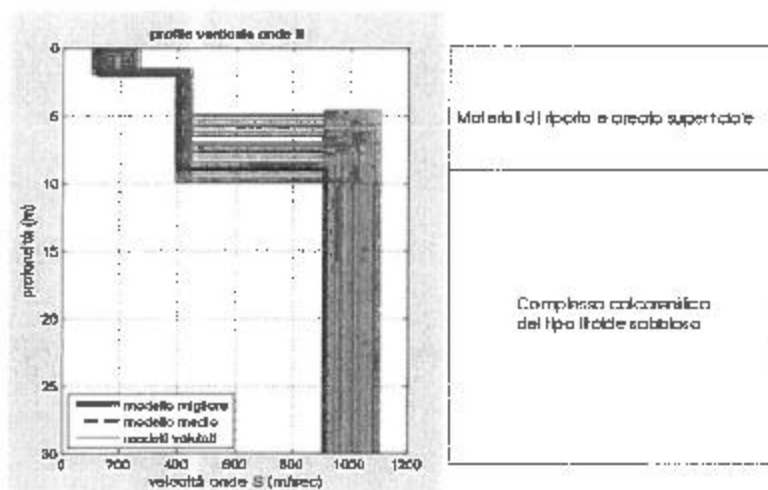
### -Profilo verticale MASW\_2



Da questo profilo si evince la presenza di materiali di riporto poco costipati e di recente deposizione, con spessore di circa 4,0 m, che

costituiscono la copertura di un precedente arenato superficiale, probabilmente anche questo formato da materiali di riporto.

### - Profilo verticale MASW\_3



Questo profilo risulta simile a quello del Masw\_2, ed essendo stato eseguito più monte, è probabile che il materiale di riporto di recente deposizione abbia uno spessore minore.

Qui di seguito viene esposta una tabella con la relativa caratterizzazione sismica dei sismostrati individuati.

Inoltre, nell'azione di progetto, ai fini della determinazione delle forme spettrali degli stati limiti ultimi (SLU) e degli stati limiti di esercizio (SLE), vengono forniti i relativi valori di  $a_g, F_0, T_c^0$ , ricavati dalla individuazione della pericolosità di sito, sulla base del progetto S1-INGV.

**Indagini Sismiche**

Dot. Geol. Giuseppe Gugliuzza  
Tel. 383/3822395

Centro Polifunzionale (3. gruppo)

## Caratterizzazione sismica dei sismostrati individuati

### Masw\_1

Sismostrato	Spessore (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Densità (gr/cm <sup>3</sup> )	Mod. di Poisson	Mod. di Taglio (MPa)	Mod. di Compressione (MPa)	Mod. di Young (MPa)	Mod di Lamè (MPa)
I	1,1	280,00	101,00	1,86	0,47	19,00	360,00	56,00	348,00
II	1,9	645,00	275,00	1,95	0,39	147,00	614,00	409,00	516,00
III	-	2100,00	1178,00	2,28	0,36	3161,00	10101,00	8586,00	7994,00

### Masw\_2

Sismostrato	Spessore (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Densità (gr/cm <sup>3</sup> )	Mod. di Poisson	Mod. di Taglio (MPa)	Mod. di Compressione (MPa)	Mod. di Young (MPa)	Mod di Lamè (MPa)
I	4,1	776,00	278,00	2,17	0,48	168,00	5408,00	498,00	5206,00
II	7,7	1611,00	392,00	2,2	0,36	306,00	6208,00	814,00	5322,00
III	-	2194,00	1043,00	2,25	0,33	2442,00	7551,00	6614,00	5922,00



**Indagini Sismiche**Dott. Geol. Giuseppe Gugliuzza  
Tel. 833/8822895

Centro Politecnico Nazionale Ingegneria

**Masw\_3**

Sismostrato	Spessore (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Densità (gr/cm <sup>3</sup> )	Mod. di Poisson	Mod. di Taglio (MPa)	Mod. di Compressione (MPa)	Mod. di Young (MPa)	Mod di Lamè (MPa)
I	2,0	313,00	121,00	1,77	0,41	26,00	139,00	73,00	122,00
II	7,0	935,00	404,00	2,04	0,39	333,00	1338,00	921,00	1116,00
III	-	1823,00	909,00	2,20	0,33	1818,00	4887,00	4852,00	3676,00

**Parametri relativi alla pericolosità sismica dell'area in studio**  
**Lat. 38°08'41"13"-Long. 13°36'25"40" WGS 84**

Stato Limite	Tr (tempo di ritorno-anni)	a <sub>r</sub> (g)	F <sub>0</sub> (-)	T <sub>c</sub> <sup>o</sup> (s)
SLO	30	0,045	2,321	0,230
SLD	50	0,063	2,327	0,250
SLV	475	0,181	2,383	0,291
SLC	975	0,234	2,430	0,306



## 5. INTERPRETAZIONE DEI PROFILI SISMICI A RIFRAZIONE

I sismogrammi registrati in campagna sono stati trasferiti dal sismografo ad un personal computer, ed elaborati con un software denominato "Echo 12-24", mediante procedura di "piking", cioè in ogni traccia del sismogramma viene individuato il tempo di arrivo delle onde P, successivamente con l'utilizzo del software dedicato nella fattispecie il "Rayfract 2.62", si ottiene la costruzione dei diagrammi tempi-distanza, tecnicamente definite dromocrone, queste ultime oggetto di un ulteriore fase di processing, consistente nell'individuazione dei branch points, cioè dei tempi di arrivo delle onde dirette da quelle rifratte, in tal modo è stato possibile risalire alle caratteristiche dello spessore e alle velocità degli strati di copertura del bed-rock. Il metodo utilizzato per definire la geometria dei rifrattori è il "Plus Minus" (Hagedoorn 1959).

### 5.1 Analisi dei risultati relativi ai profili sismici eseguiti

Sono stati eseguiti n°3 stendimenti, con lo scopo di stimare l'andamento del primo rifratte in profondità, e quindi di definire il passaggio dei materiali alterati superficiali a quelli aventi migliori caratteristiche meccaniche. Le suddette indagini, quindi, hanno permesso di evidenziare, lungo i profili investigati, la variazione dello spessore dei pacchi di strati meno rigidi da quelli più rigidi, e la relativa linea di profondità che segna il passaggio tra i due sismostrati.

Una importante analisi sull'interpretazione dei profili sismici, in considerazione dell'aspetto stratigrafico che caratterizza l'area in studio, consiste nel fatto che la linea del rifratte intercettata, anche se giustifica un eventuale passaggio tra un sismostrato meno competente ad uno più competente, non prelude un progressivo aumento di competenza con la profondità, quindi probabili inversioni di velocità al di sotto di tale superficie potrebbero essere verosimili.

Tuttavia una attenta valutazione delle condizioni geologiche e stratigrafiche dell'intorno della zona in studio, ha garantito una corretta interpretazione dei dati, del tutto correlabile con il modello stratigrafico presente nell'area in esame.

Infine, tutti i profili sismici eseguiti, hanno mostrato tra loro, un andamento della linea di confine tra i due rifrattori dimensionalmente variabile e un'affinità di risposta elastica piuttosto affine.

#### **-PROFILO SISMICO PS1**

Da questo stendimento è emersa la presenza di un primo sismostrato con spessore variabile dai 1,0 a circa 2,5 metri con andamento curvilineo, formato verosimilmente da coltre pedogena e materiali detritici di natura varia, caratterizzati da valori di velocità delle onde P di circa 200 m/s. mentre il substrato sottostante, risulta attraversato dalle onde P ad una velocità di circa 490 m/s, caratteristici di materiali a consistenza maggiore e parzialmente alterati.

#### **-PROFILO SISMICO PS2**

Le risultanze di questo stendimento, hanno individuato un primo rifratore ad andamento leggermente concavo, avente una profondità variabile dai 2,5 ai 4,0 metri, in accordo con la prova Masw2 è probabile che si tratti di materiale di riporto, di recente deposizione, che ha fatto registrare valori di attraversamento delle onde P di circa 250 m/s. Questo ultimo, ricopre un ex piano di campagna e quindi una coltre di alterazione che mostra avere valori di velocità di attraversamento delle onde P non molto elevati, e cioè di circa 490 m/s.

#### **-PROFILO SISMICO PS3**

Questa prova è stata eseguita a monte della profilo sismico PS2, i valori di velocità di propagazione delle onde P risultano essere rispettivamente per i due sismostrati di 210 m/s e 340 m/s. Tenendo in considerazione la prospezione Masw3, e il risultati del profilo sismico PS2, si evince che anche in questo caso si ha uno spessore variabile di materiale di recente deposizione, che varia da 0,80 a 2,0 metri, che ricopre un precedente areato superficiale.

## 6. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

La risultanza delle prospezioni MASW e dei profili sismici a rifrazione hanno consentito di caratterizzare sismicamente l'area in studio e di qualificare e quantificare le caratteristiche sismiche dei terreni oggetto di studio. I modelli simo-stratigrafici, restituiti dalle prospezioni MASW, e dai profili sismici a rifrazione, hanno mostrato tra loro un soddisfacente riscontro, ma soprattutto una apprezzabile correlatività con l'assetto geologico della area di progetto, nonché con le relative stratigrafie provenienti dai sondaggi geognostici a c.c. eseguite in zona.

Infine, in osservanza al Nuovo NTC di cui al D.M. del 14 Gennaio 2008, ai fini dell'azione sismica di progetto si è calcolato il valore del  $V_{s30}$  (velocità media delle onde di taglio nei primi 30 metri), relativamente alle tre prove Masw eseguite, dove si sono ricavati i seguenti valori:

$V_{s30} = 739,00 \text{ m/s}$	<i>Masw_1</i>
$V_{s30} = 593,00 \text{ m/s}$	<i>Masw_2</i>
$V_{s30} = 528,00 \text{ m/s}$	<i>Masw_3</i>

Quindi ne scaturisce che ai fini della definizione della azione sismica di progetto, si può attribuire il suolo di fondazione alla categoria "B", e cioè : *Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessore di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s30}$  compresi tra 360m/s e 800 m/s (ovvero con  $NSPT > 50$ , o  $c_u > 250 \text{ kPa}$ .*

Inoltre sono stati ricavati i valori di  $a_g, F_o, T_c^\circ$  dell'area in studio relativamente agli stati limiti, mediante individuazione della pericolosità di sito, sulla base del progetto S1-INGV.

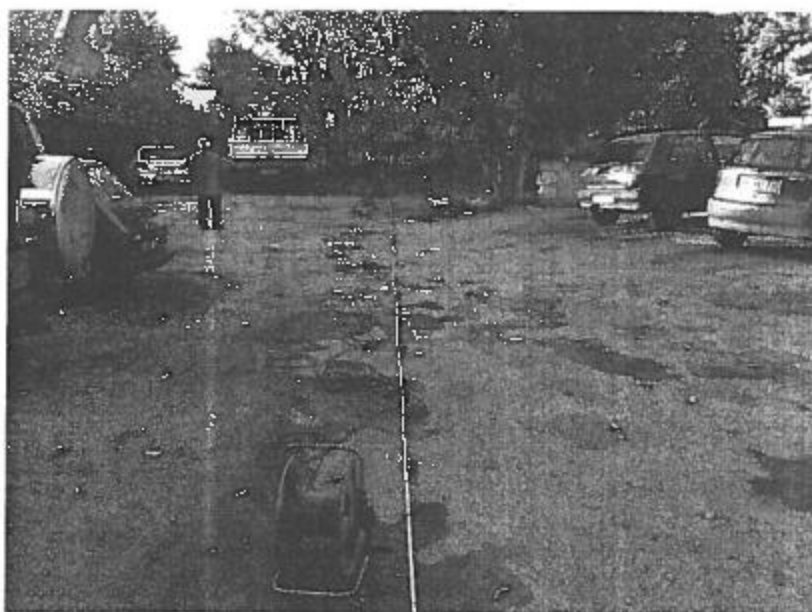
Il tecnico

Palermo, 02/01/09

Dott. Geol. Giuseppe Gugliuzza



## Documentazione fotografica e relativa disposizione in mappa dei sondaggi eseguiti



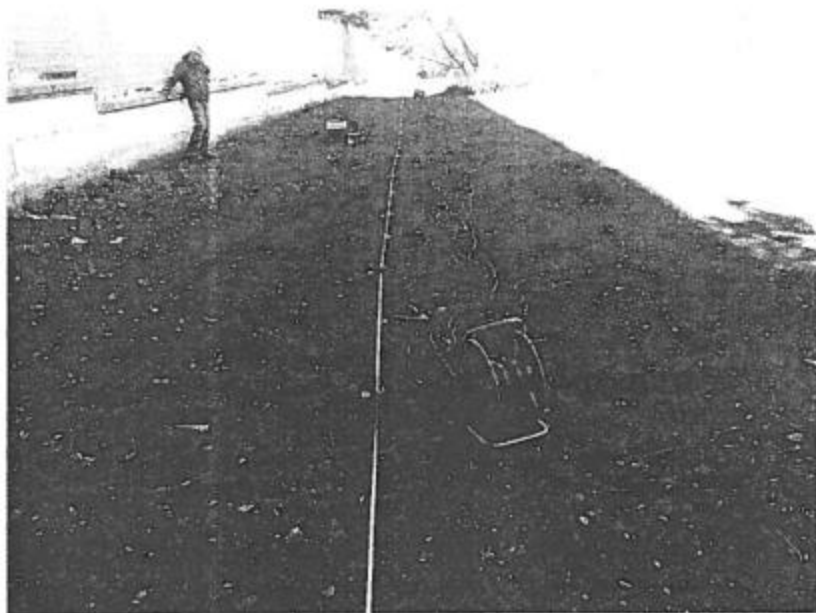
**Disposizione stendimento PS1 e Masw1**



**Disposizione stendimento PS2 e Masw2**





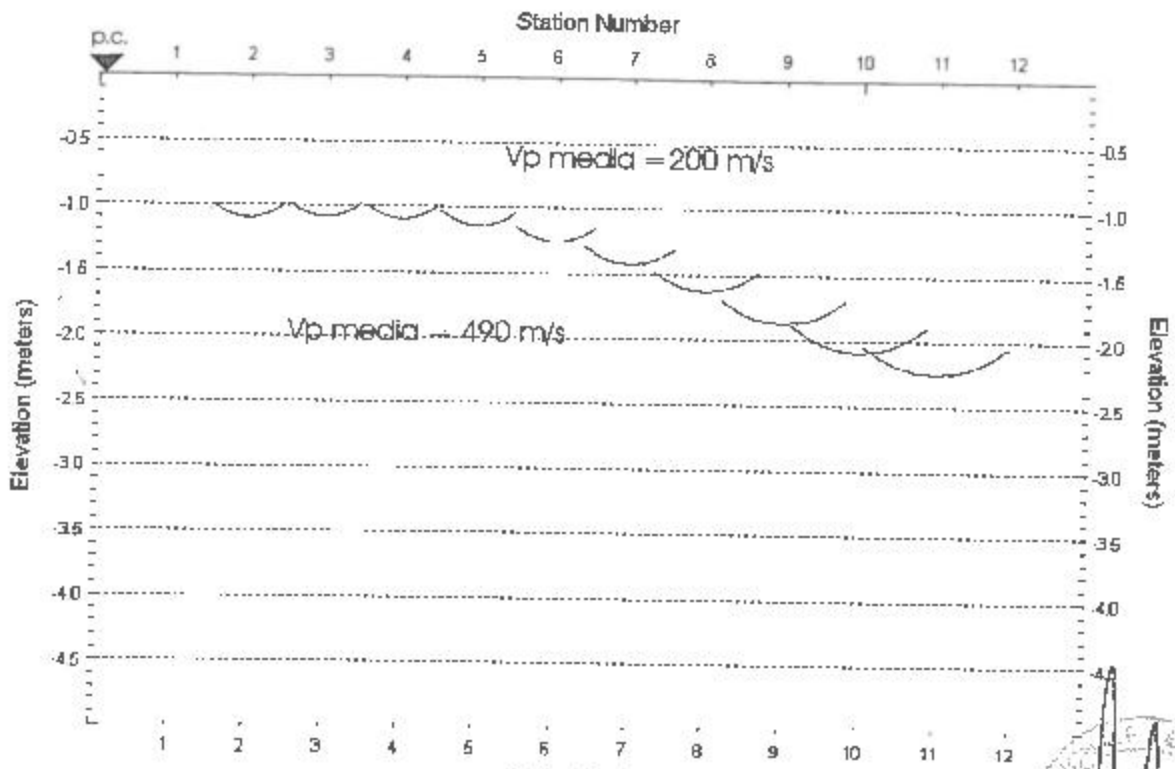


Disposizione stendimento PS3 e Masw3



- PROFILO SISMICO
- PUNTO DI LOCALIZZAZIONE DEL PROFILO MASW

# Stendimento PS1



Ricostruzione della geometria del rifrattore

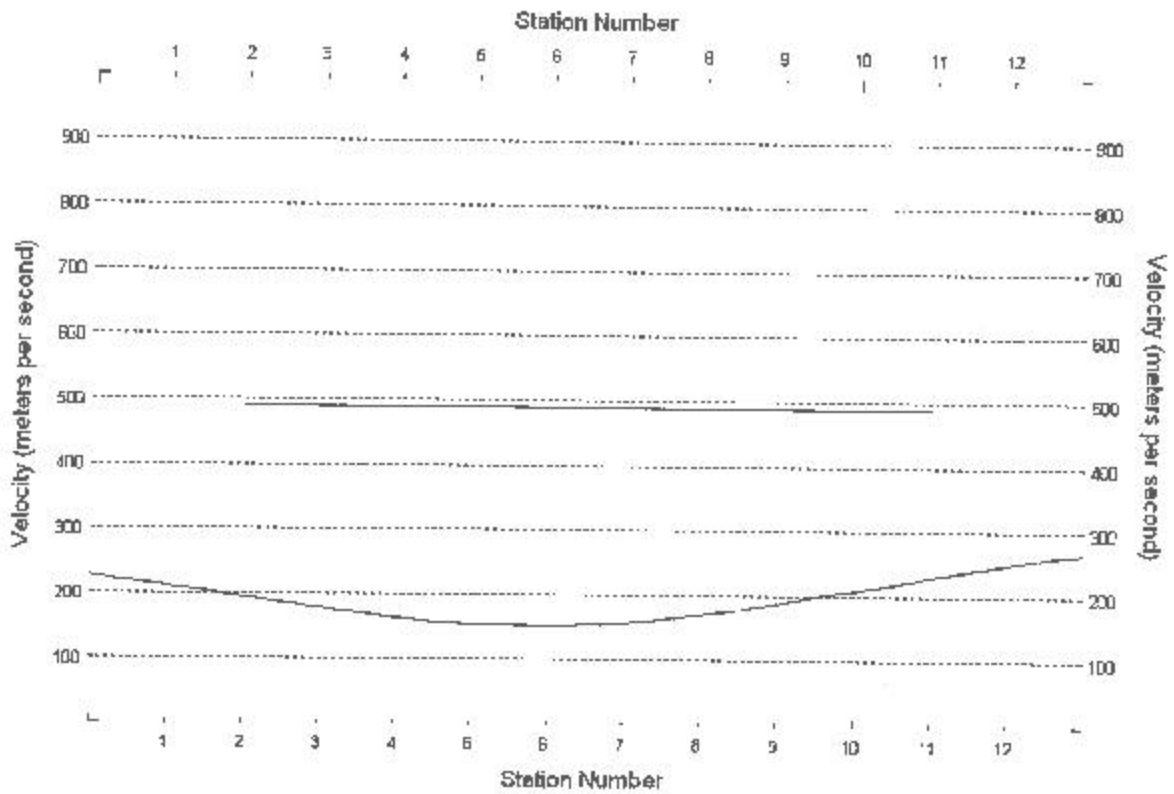
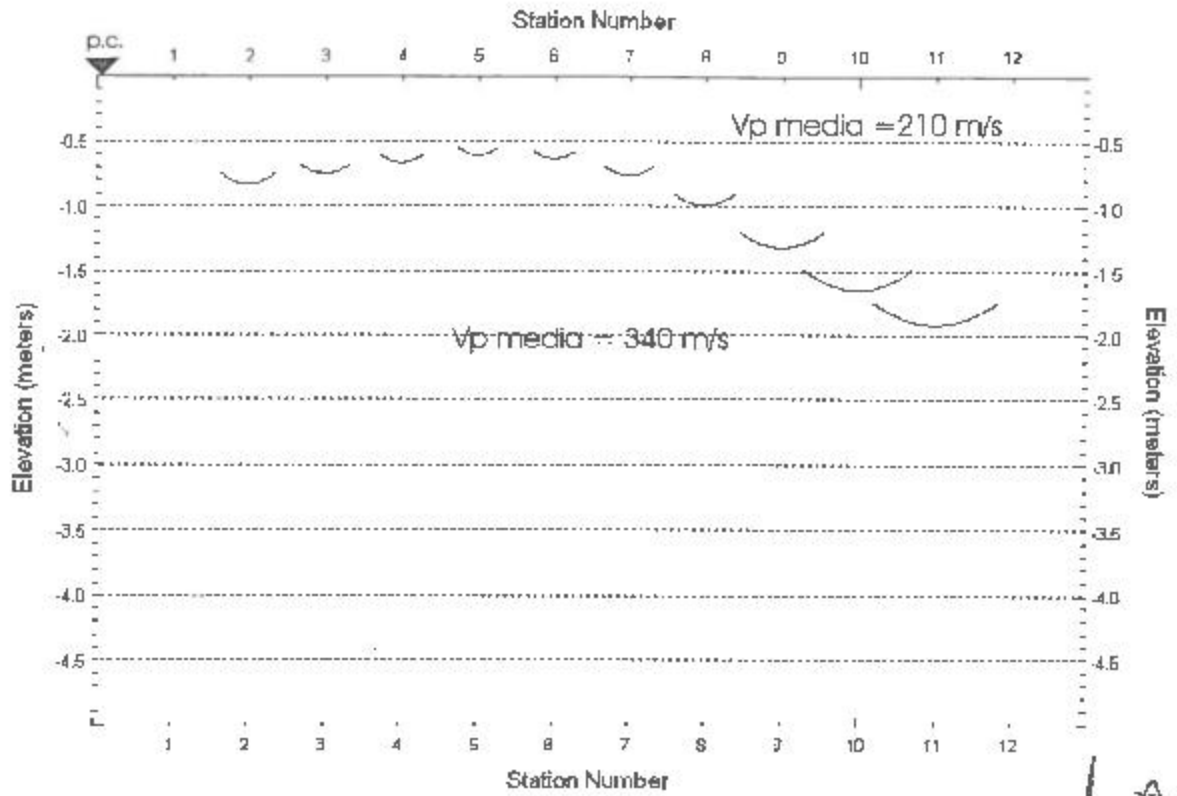


Grafico funzione spazio velocità

# Stendimento PS3



Ricostruzione della geometria del rifrattore

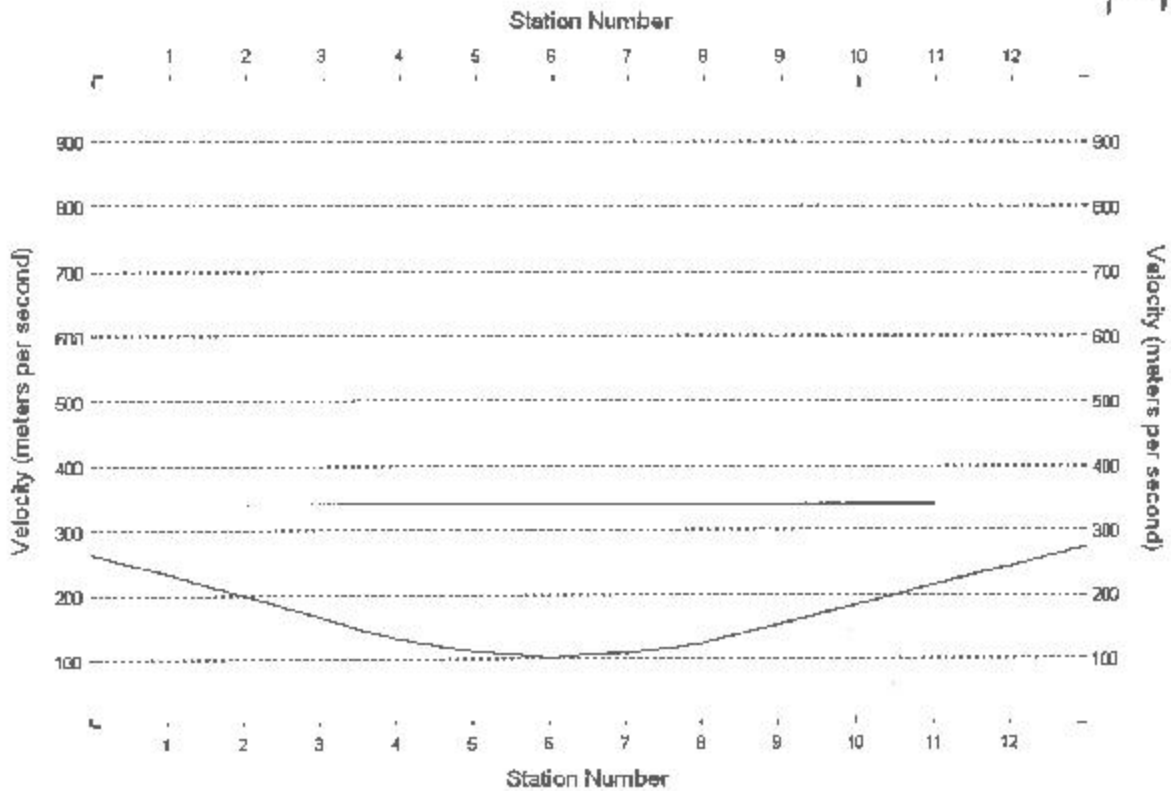
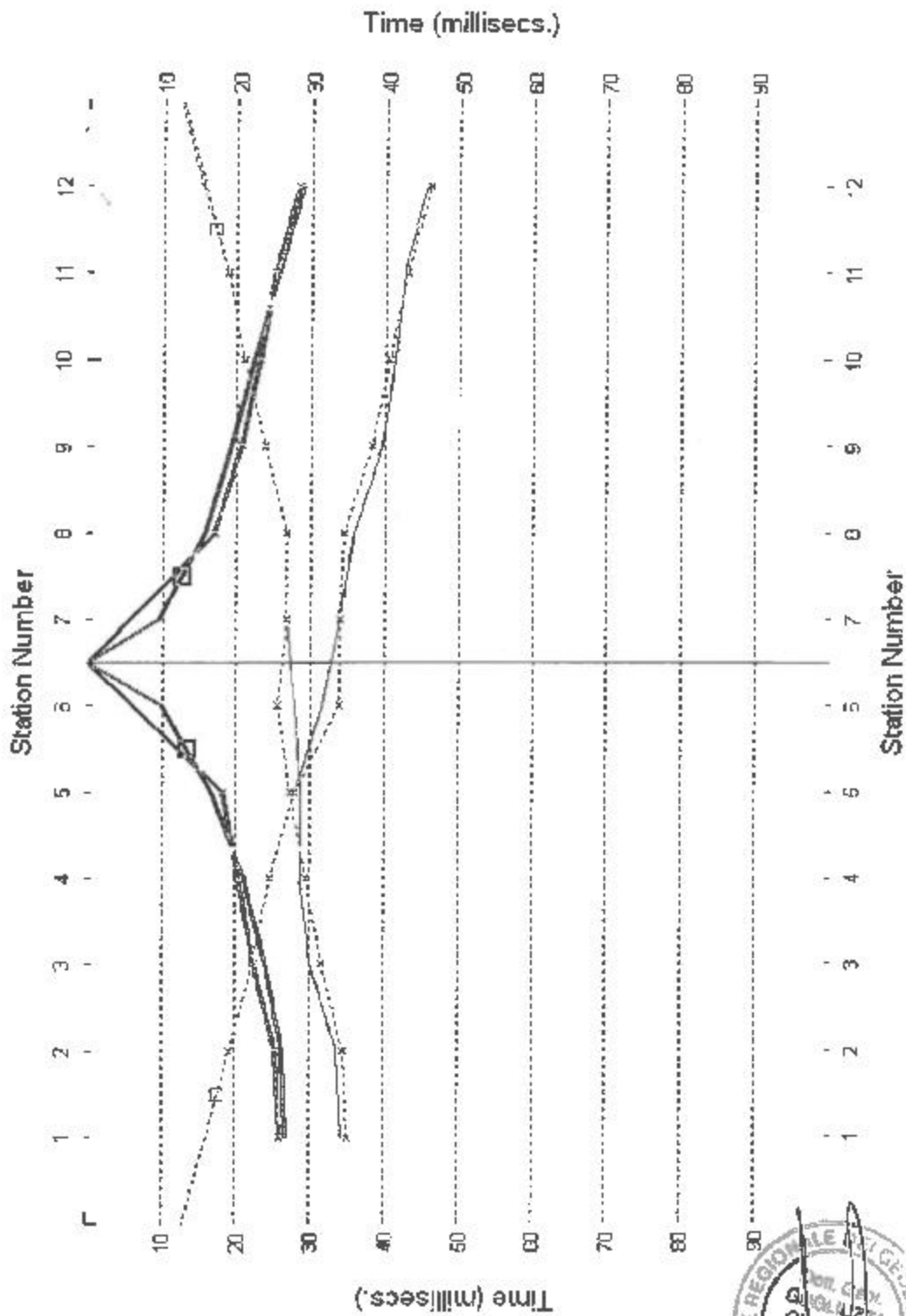
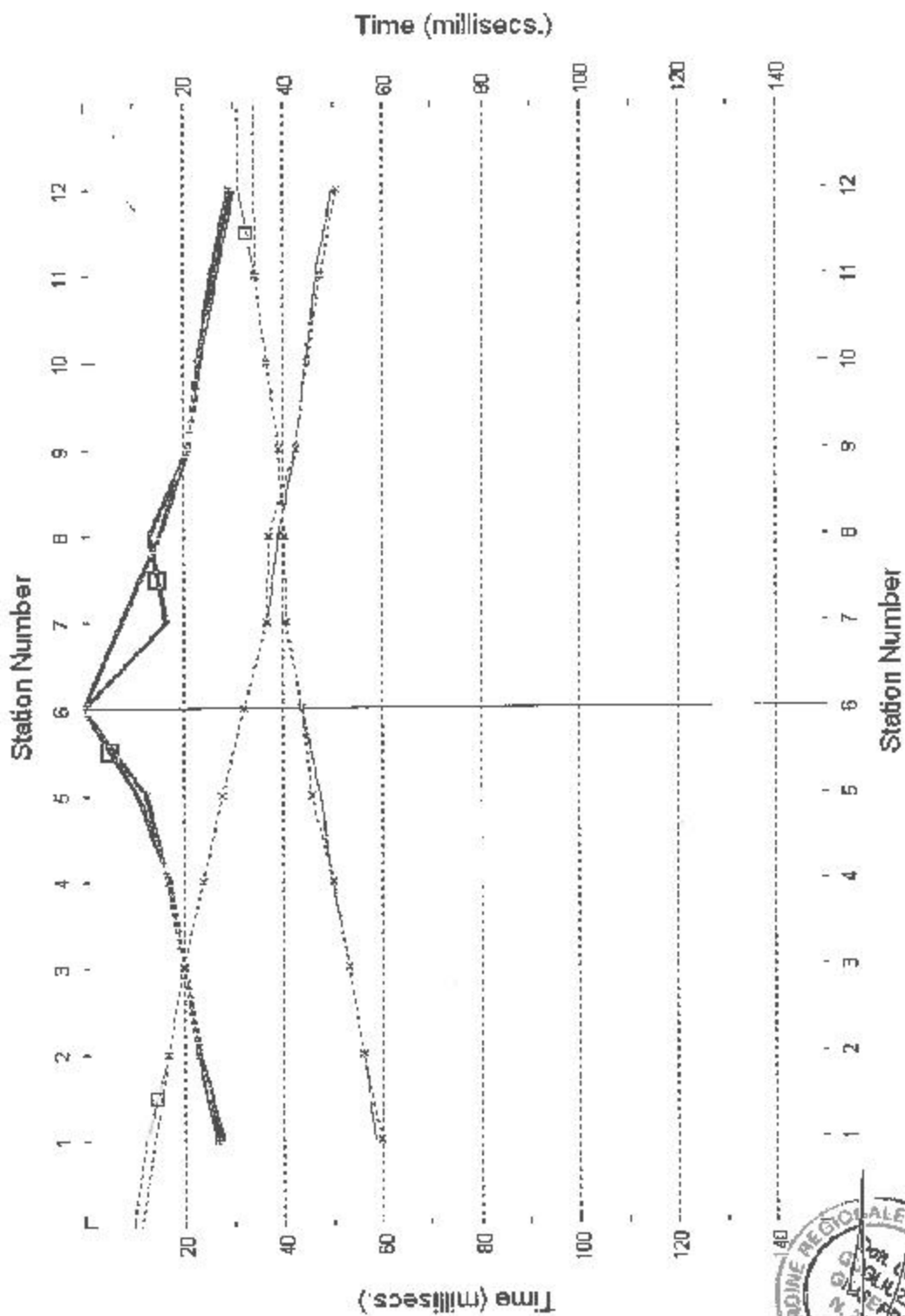


Grafico funzione spazio velocità

# Dromocrone stendimento PS1



# Dromocrone steradimento PS3



**INDAGINI GEONOSTICHE**

**INDAGINI SITI INQUINATI**

**INSTALLAZIONE DI STRUMENTAZIONE GEOTECNICA**

**PROVE GEOTECNICHE IN SITU**

**CONSOLIDAMENTO DEI TERRENI**

**PALI**

**MICROPALI**

**BERLINESI**

**TIRANTI**

**CHIODATURE**

**INIEZIONI DI MISCELE CEMENTIZIE**

**RICERCHE IDRICHE**

**DRENI**



**SOCRIZIONE S.O.A. S.ORG.AT**  
**ORGANISMO DI ATTESTAZIONE S.P.A.**  
N° 2274/S1/01



Sistema qualità certificato da:  
**KIWA SINCERT RT-05 . EN ISO 9001:2000**

**SINCERT**

