

Regione Piemonte  
 Provincia di Alessandria  
 Comune di Tortona e Pozzolo Formigaro



Progetto per la realizzazione di un impianto Agrovoltaiico  
 nel comune di Tortona e Pozzolo Formigaro  
 Potenza DC: 60 MW - Potenza immessa AC: 50 MW



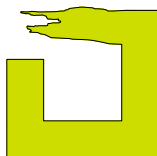
**opde**energy

Committente:

**MARGISOLAR S.R.L.**

Rotonda Giuseppe Antonio Torri n. 9  
 40127 - Bologna (BO)  
 P.IVA: 03920651209

Comune di Tortona e Pozzolo Formigaro



**INTEGRA s.r.l.**

Società di Ingegneria  
 sede operativa:  
 Via Emilia 199 - 15057 Tortona (AL)  
 tel. 0131.863490 - fax 0131.1926520  
 e-mail: integra@integraingegneria.it

Progettazione generali e opere civili:



**FAROGB**  
 società di ingegneria

**FAROGB s.r.l.**

Dott. Ing. Gabriele Bulgarelli  
 Corso Unione Sovietica 612/15B - 10135 Torino (To)  
 P.IVA 09816980016

Progettazione elettrica:



**Studio di geologia**  
 Dott. geol. Gian Mario Repregosi  
 via R. Bidone, 17-via Carducci,33 15057 Tortona (AL)  
 tel. .3385969598 - e-mail:repreposi@gmail.com

il Geologo:



**Titolo:**  
 RELAZIONE GEOLOGICA GEOTECNICA E SISMICA  
 LOCALITA': Cascina Ponzana – Ponzanina - Baronina (Tortona – AL)

**Scala:**

**Tavola:**

**D.11**

Rev.	Data	Redatto da:	Controllato da:	Approvato da:
A	DICEMBRE 2021	REPREGOSI	PROIETTI	CASTAGNELLO

## **1.0. - PREMESSA**

Questa relazione descrive l'indagine geologico-geotecnica e sismica eseguita per analizzare le caratteristiche di un lotto di terreno incluso nei terreni di proprietà della Cascina Ponzana, Ponzanina e Baronina nei comuni di Tortona e Pozzolo Formigaro (AL).

Il progetto prevede la creazione di un parco agrovoltaico.

Il committente è la società **MARGISOLAR ENERGY s.r.l.**

La ricerca è stata svolta attraverso il rilevamento geologico dell'area, la raccolta di dati ricavati da stratigrafie presenti nell'intorno e l'interpretazione stratigrafica, geotecnica ed idrogeologica di tutte le informazioni necessarie per la caratterizzazione geologica e geotecnica del sottosuolo da fornire al progettista.

Il tutto è stato assistito da indagini penetrometriche in sito eseguite nel passato in aree limitrofe atte all'identificazione puntuale delle caratteristiche geologiche e geotecniche dei terreni interessati.

Inoltre è stata eseguita una caratterizzazione sismica del sito.

## **2.0. - UBICAZIONE E MORFOLOGIA DELL'AREA DI INDAGINE**

L'area oggetto di indagine é inquadrabile topograficamente nel foglio I.G.M. Novi Ligure a scala 1:25000 e nel foglio C.T.R. a scala 1:10000 sez. n.177140 nel territorio del comune di Tortona Foglio 86 part. n. 4, 18, 21, 22, 23, 24, 26, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41 e Pozzolo Formigaro Foglio 2 part. n. 4, 75, 107, 109, 111, 148.

Siamo in sinistra orografica del torrente Scrivia a circa 4 Km ad ovest del torrente stesso, in zona totalmente pianeggiante. La Carta geologica di riferimento è il foglio n.70 "Alessandria" a scala 1:100000.

### 3.0. - VINCOLI E QUADRO NORMATIVO

- D. Lgs 387/2003
- Decreto Ministeriale 17.01.2018: Testo Unitario - Norme Tecniche per le Costruzioni
- Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici "Istruzioni per l'applicazione delle NTC di cui al D.M. 2018"
- Circolare 2 febbraio 2009. Circolare n. 617 del 2.02.2009, Gazzetta Ufficiale n. 47 del 26 febbraio 2009 – Suppl.Ordinario n. 27
- Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione (D.M.11.03.'88)
- Circ. Min LL.PP. n. 30483 del 24.09.1988 (istruzioni operative al D.M. 11-3-1988)
- Deliberazione della Giunta Regionale 19 gennaio 2010, n. 11-13058 "Aggiornamento e adeguamento dell'elenco delle zone sismiche (O.P.C.M. n. 3274/2003 e 3519/2006)
- Eurocodice 8 (1998) Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003)
- Eurocodice 7.1 (1997)
- Progettazione geotecnica – Parte I : Regole Generali . - UNI-Eurocodice 7.2 (2002)
- Progettazione geotecnica – Parte II : Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002). UNI- Eurocodice 7.3 (2002)
- Progettazione geotecnica – Parte II : Progettazione assistita con prove in sito(2002).UNI
- Legge Regionale (56/77) – Vincoli Prgc, Pai e PTP

#### **4.0. - LINEAMENTI GEOLOGICI E STRATIGRAFICI**

I terreni destinati alle opere previste appartengono al ripiano alluvionale denominato "Fluviale Recente". Il Fluviale Recente (come il Fluviale Antico ed il Fluviale Medio) costituiscono le testimonianze di depositi alluvionali abbandonati dallo Scrivia in seguito a vicende climatiche che hanno caratterizzato la regione nel Pleistocene (glaciazioni) e nell'Olocene (avvicendamento di piene e magre).

In relazione alle suddette vicende climatiche, e in parte forse anche ad altre di origine tettonica (neotettonica quaternaria), gli stessi depositi appaiono interessati da terrazzamenti, espliciti in più fasi erosive intervallate da altre di carattere deposizionale.

Per effetto dell'alternarsi dei vari processi erosivi e sedimentari, la litofacies dei sedimenti risulta estremamente mutevole. La letteratura attribuisce ai terreni superficiali di questa area la denominazione di Fluviale Recente; si tratta di alluvioni di natura prevalentemente argilloso-sabbiosa, con scarsa alterazione superficiale, che assume, ove presente, una colorazione bruno-giallastra.

##### **4.1. - Stratigrafia**

Le aree alluvionali come quella in esame costituiscono sede di acquiferi a diverse profondità. Lo spessore dei sedimenti sciolti nella zona esaminata appare di discreta potenza aggirandosi intorno a 80-90 m. Tali indicazioni derivano anche dal modello deposizionale della pianura alessandrina (elaborato da G.Braga e R. Casnedi per l' I.R.S.A.-C.N.R-1976) che prevede l' ispessimento progressivo del materasso alluvionale procedendo da est verso ovest a partire dall' alveo attuale del torrente Scrivia in direzione di Alessandria.

Nell'ambito dell'indagine sono state analizzate alcune stratigrafie relative a pozzi esistenti (tenuta Ponzana, tenuta Olghina, C.na Luna, C.na Reida –Gigeppa, C.na Porta - Guendalina) e da esse é stato desunto un profilo stratigrafico fino alla profondità intorno a 30 metri.

Dai dati raccolti si può ipotizzare la seguente stratigrafia:

da 0 a 1 m dal p.c.(piano campagna)	terreno vegetale ed argilla
da 1 a 5 m	ghiaia, ghiaietto e matrice limosa con sabbia grossolana
da 5 a 12 m	argilla scura con ghiaia e ciottoli
tra 12 e 16 m	ghiaia con matrice limoso-argillosa
tra 16 e 21m	ghiaia
tra 21 e 26 m	ghiaia mista argilla
tra 26 e 30 m	ghiaia

## 5.0. - IDROGEOLOGIA

Secondo le indicazioni della letteratura la zona in oggetto é inclusa nell' area di pianura denominata "Pianura Alessandrina".

Le divagazioni nei tempi geologici del torrente Scrivia, hanno favorito la deposizione di uno spesso materasso di materiale sciolto alluvionale (dal Fluviale Antico fino alle alluvioni attuali) sopra i depositi Villafranchiani.

La permeabilità superficiale di tali alluvioni é da considerarsi buona o discreta con un coefficiente di permeabilità  $K = 10^{-2} - 10^{-4}$  cm/sec.

Dal punto di vista idrogeologico questa pianura sottende un sistema acquifero multifalda con alternanze di terreni permeabili, sede di acquiferi a diverse profondità e livelli limoso-argillosi che confinano gli acquiferi.

Il pelo libero dell'acquifero freatico é localizzato intorno a 10-12 m dal piano campagna, il livello della falda varia nelle stagioni per diversi metri secondo gli apporti o i notevoli emungimenti.

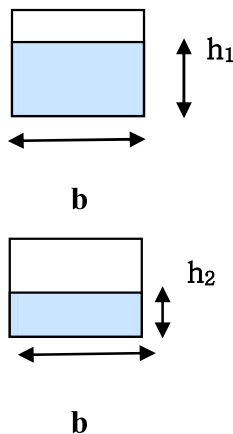
Il torrente Scrivia alimenta la falda superficiale e la direzione della falda stessa é indicata in questa zona intorno a N-NW, verso l'attuale corso del fiume Po.

### 5.1. - Determinazione del coefficiente di permeabilità in situ

Per determinare una prima stima della permeabilità del materiale sottostante il terreno di copertura, sono state effettuate prove di permeabilità in situ, eseguite in pozzetti superficiali ottenendo una serie di rilevazioni del coefficiente di permeabilità. Sono stati scavati pozzetti a base quadrata con pareti verticali. Le prove si sono effettuate riempiendo d'acqua il pozzetto e misurando la velocità di abbassamento del livello in funzione del tempo (prove a carico variabile). Applicando le formule indicate dalle raccomandazioni A.G.I. (Associazione geotecnica italiana – 1977) i valori ottenuti sono sintetizzati nella pagina seguente.

Dall' indagine eseguita si ottiene un coefficiente di permeabilità media dell'ordine di  $10^{-3}$  m/sec. Tali valori fanno ricadere i sedimenti indagati tra quelli a permeabilità elevata.

**Prova di permeabilità in pozzetto superficiale eseguita a carico variabile (A.G.I. 1977) - formula utilizzata  $K = h_1 - h_2/t_2 - t_1 * 1 + (2h_m/b)/27 * (h_m/b) + 3$**



	Prova n° 1	Prova n° 2	Prova n° 3	Media
$h_1$ (altezza iniziale del livello dell'acqua: cm)	70	70	70	
$h_2$ (altezza finale del livello dell'acqua: cm)	1	1	1	
$t_2 - t_1$ (tempo trascorso per il raggiungimento di $h_2$ : min.)	1,1	0,5	2	
$h_m$ (altezza media tra $h_1$ e $h_2$ : cm)	35,5	35,5	35,5	
$b$ (lato della base del pozzetto: cm)	35	35	35	
$K$ (coefficiente di permeabilità: cm/sec)	0,10420	0,00924	0,00731	<b>0,04025</b>



## 6.0. – DETERMINAZIONE PARAMETRI LITOLOGICI E GEOMECCANICI

Al fine di individuare le caratteristiche dei litotipi ed alcune proprietà geomeccaniche del sito sono state eseguite alcune trincee geognostiche, con escavatore, alla profondità di m 4 dal piano campagna.

Il rilievo in situ ha evidenziato un cappello di terreno vegetale e suolo argilloso con sabbia di 0,8-1 m ed uno strato sottostante con prevalenza di litotipi ghiaiosi e ciottolosi a matrice sabbiosa grossolana o ghiaiosa fine con ciottoli ben arrotondati di dimensioni variabili da 2 a 10 cm di origine prevalentemente calcarea, marnosa e calcareo-marnosa. Superficialmente si individuano “isole” subaffioranti con presenza diffusa di ciottoli

Sono stati eseguiti alcuni test in parete con il P.P.St 308 e si è elaborato uno schema interpretativo di alcune proprietà geomeccaniche e utilizzati i dati ottenuti da un carotaggio continuo eseguito dallo scrivente nel marzo 2020 in località Savonesa su terreni limitrofi aventi caratteristiche simili, sia dal punto di vista stratigrafico che geotecnico.

### TERRENO VEGETALE + ARGILLA con sabbia

Peso di volume secco ( $\gamma$ ) = 16 KN/mc

Peso di volume saturo ( $\gamma_{\text{sat}}$ ) = 17KN/mc

Angolo di attrito interno ( $\Phi$ ) = 15°

Coesione = 20 kPa

### STRATO GHIAIOSO in matrice limoso-sabbiosa

- frazione sabbiosa -

Peso di volume secco ( $\gamma$ ) = 17 KN/mc

Peso di volume saturo ( $\gamma_{\text{sat}}$ ) = 20 KN/mc

Angolo di attrito interno ( $\Phi$ ) = 22°

Coesione = 0 kPa

- Frazione Ghiaiosa -

Peso di volume secco ( $\gamma$ ) = 18 KN/mc

Peso di volume saturo ( $\gamma_{\text{sat}}$ ) = 23KN/mc

Angolo di attrito interno ( $\Phi$ ) = 30°

Coesione = 0

SCAVO S1:

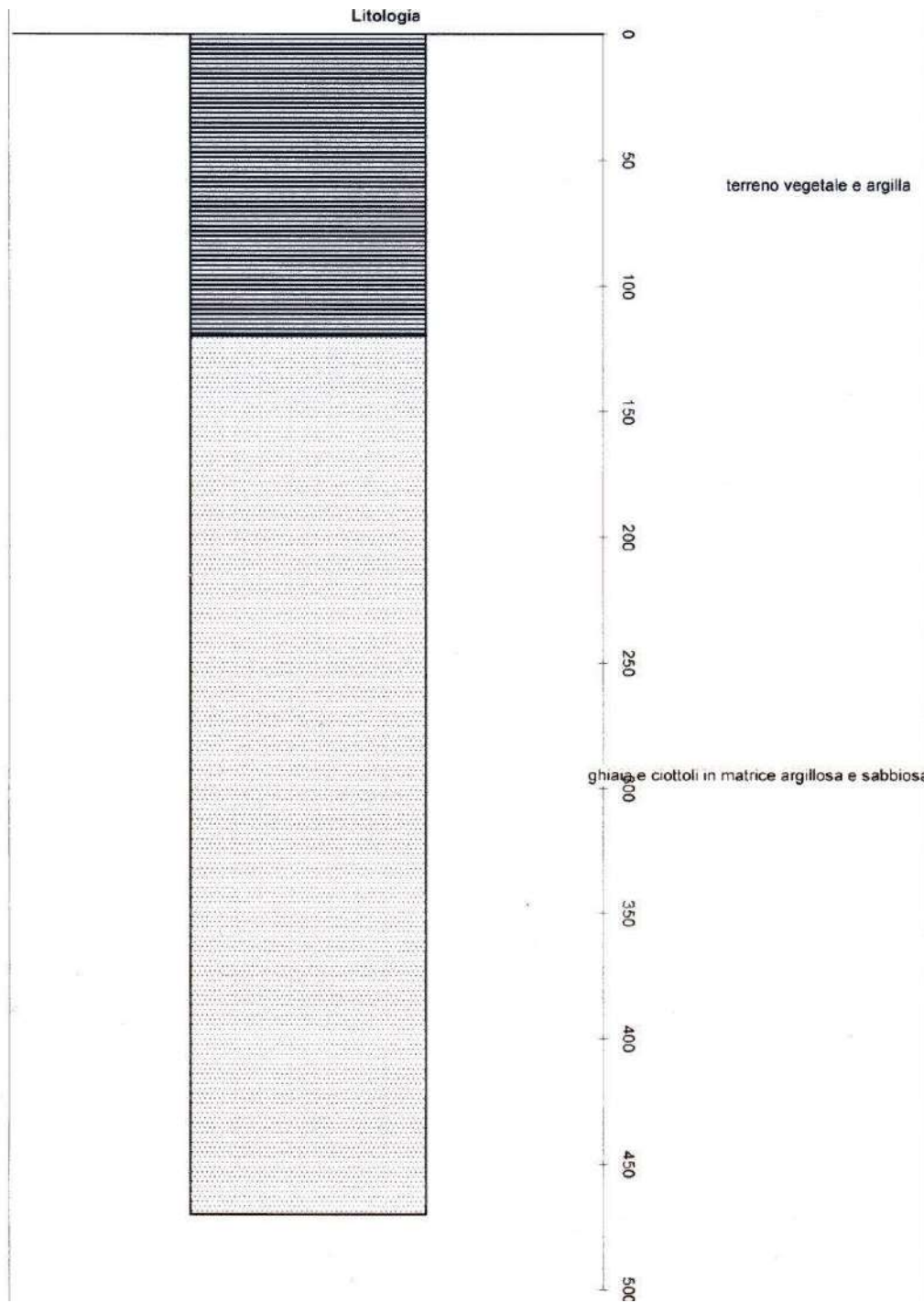
da 0 a 1,10 m dal piano campagna    *TERRENO VEGETALE + ARGILLA marrone chiaro  
con sabbia fine*

da 1,10 a 3 m    *GHIAIA e CIOTTOLI IN MATRICE LIMOSA ARGILLOSA CON GHIAIA E  
CIOTTOLI*

SCAVO S2:

da 0 a 0,1 m dal piano campagna    *TERRENO VEGETALE + ARGILLA marrone chiaro*

da 0,80 a 3 m    *GHIAIA e CIOTTOLI IN MATRICE SABBIOSA O LIMOSA GROSSOLANA  
O GHIAIOSA FINE*



Isto1 Grafico 6

## **7.0. - INDAGINE GEOTECNICA**

Per interpretare dal punto di vista geotecnico i terreni indagati, sono stati utilizzati i dati rilevati da prove penetrometriche eseguite sul terreno per opere relative ad impianti fotovoltaici eseguiti nella medesima proprietà nel passato (committente RIBAFORADA- anno 2009) . Tali terreni presentano identiche caratteristiche geologiche e geotecniche. Le prove hanno consentito la ricostruzione stratigrafico - litologica e l'interpretazione geotecnica dei terreni interessati.

Nella campagna di indagini precedente, sono state eseguite n.4 prove penetrometriche dinamiche (SCPT1 – SCPT2 – SCPT3 – SCPT4) spinte a profondità di rifiuto alla penetrazione.

Le rilevazioni sono state effettuate mediante un penetrometro dinamico DPSH tipo “superpesante” Meardi - AGI (standard secondo l'Associazione Geotecnica Italiana”) avente un maglio di 73 kg, con aste di 1 m x 7 Kg.

La prova consiste nell'infingere verticalmente nel terreno una punta conica metallica posta all'estremità di un'asta d'acciaio, prolungabile con l'aggiunta di successive aste; l'infissione avviene per battitura, facendo cadere da un'altezza costante il maglio di dato peso. Durante la prova vengono contati i colpi necessari per la penetrazione di ciascun tratto di lunghezza stabilita. La resistenza del terreno è funzione inversa della penetrazione per ciascun colpo e diretta del numero di colpi per una data penetrazione.

Per infingere la punta conica si utilizza il maglio per un'altezza di caduta; il maglio batte su una testa di battuta che è rigidamente collegata alle aste di prolunga. La resistenza alla penetrazione è definita come il numero di colpi richiesto per infingere la punta conica per un tratto standard (30 cm).

L'energia cinetica propria di ciascun colpo è il prodotto della massa del maglio per l'accelerazione di gravità e per l'altezza di caduta (75 cm).

Per l'identificazione dei terreni attraversati ci si avvale di correlazioni empiriche (Schmertmann, 1978); i parametri geotecnici vengono anch'essi interpretati mediante correlazioni empiriche ed utilizzati per la stratigrafia.

La sintesi delle indagini, la ricostruzione litostratigrafica ed i dati rilevati dalle prove penetrometriche sono sintetizzati nei dati delle pagine a seguire:

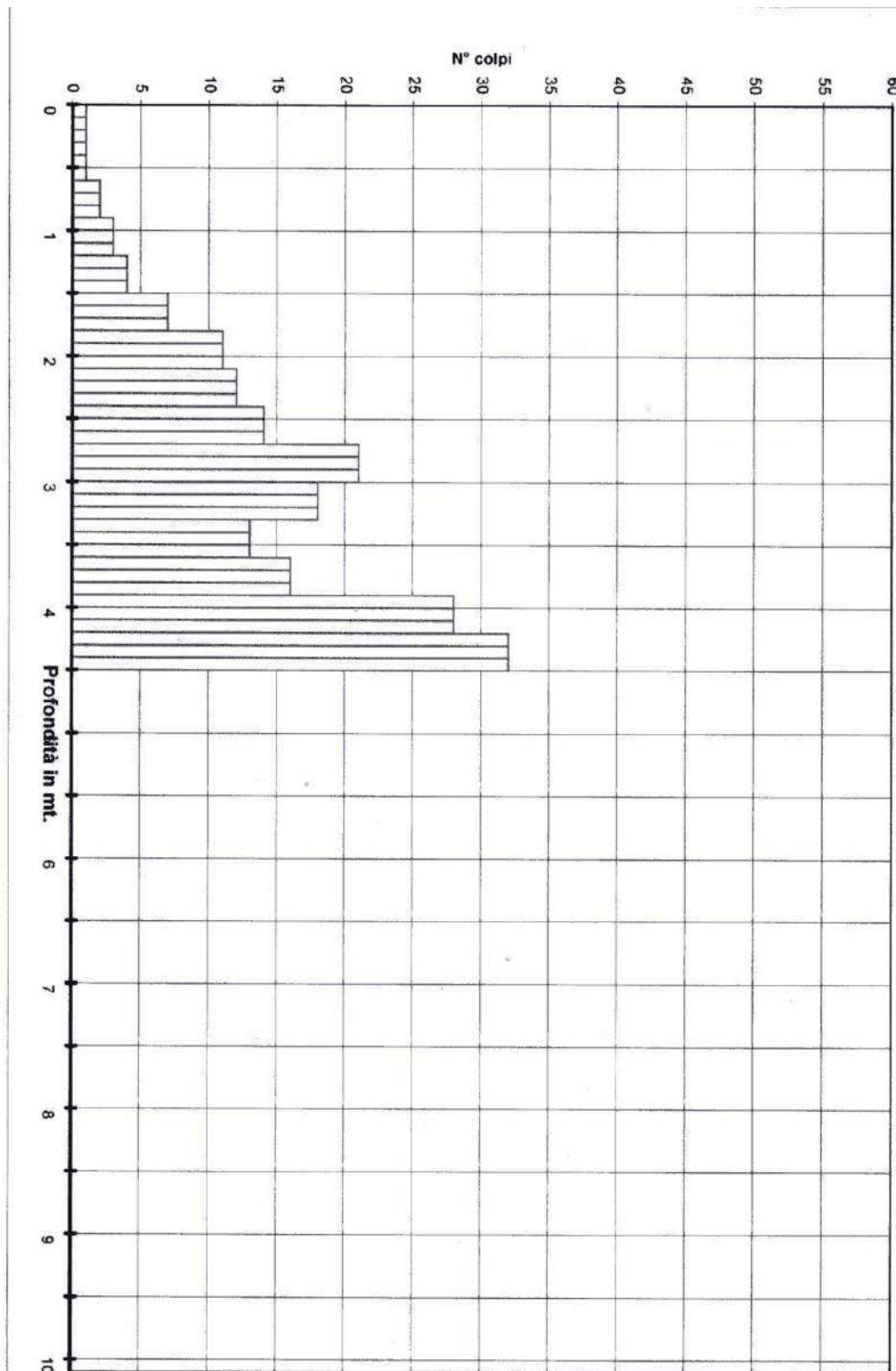
Dati

Cascina Ponzana 1									
Prof	SCPT 1		SCPT2		SCPT3		SCPT4		
	Metri	N°colp	Qa	N°colp	Qa	N°colp	Qa	N°colp	
0	1	0,2	1	0,2	1	0,2	2	0,4	
0,1	1	0,2	1	0,2	1	0,2	2	0,4	
0,2	1	0,2	1	0,2	1	0,2	2	0,4	
0,3	1	0,2	1	0,2	1	0,2	2	0,4	
0,4	1	0,2	1	0,2	1	0,2	2	0,4	
0,5	1	0,2	1	0,2	1	0,2	2	0,4	
0,6	2	0,4	2	0,4	2	0,4	2	0,4	
0,7	2	0,4	2	0,4	2	0,4	2	0,4	
0,8	2	0,4	2	0,4	2	0,4	2	0,4	
0,9	3	0,5	3	0,5	5	0,9	4	0,7	
1	3	0,5	3	0,5	5	0,9	4	0,7	
1,1	3	0,5	3	0,5	5	0,9	4	0,7	
1,2	4	0,7	3	0,5	5	0,9	6	1,0	
1,3	4	0,7	3	0,5	5	0,9	6	1,0	
1,4	4	0,7	3	0,5	5	0,9	6	1,0	
1,5	7	1,2	3	0,5	5	0,9	12	2,0	
1,6	7	1,2	3	0,5	5	0,9	12	2,0	
1,7	7	1,2	3	0,5	5	0,9	12	2,0	
1,8	11	1,9	9	1,5	9	1,5	8	1,4	
1,9	11	1,9	9	1,5	9	1,5	8	1,4	
2	11	1,8	9	1,5	9	1,5	8	1,3	
2,1	12	2,0	7	1,1	12	2,0	12	2,0	
2,2	12	2,0	7	1,1	12	2,0	12	2,0	
2,3	12	2,0	7	1,1	12	2,0	12	2,0	
2,4	14	2,3	11	1,8	13	2,1	12	2,0	
2,5	14	2,3	11	1,8	13	2,1	12	2,0	
2,6	14	2,3	11	1,8	13	2,1	12	2,0	
2,7	21	3,4	8	1,3	12	2,0	16	2,6	
2,8	21	3,4	8	1,3	12	2,0	16	2,6	
2,9	21	3,4	8	1,3	12	2,0	16	2,6	
3	18	2,8	12	1,9	15	2,3	12	1,9	
3,1	18	2,8	12	1,9	15	2,3	12	1,9	
3,2	18	2,8	12	1,9	15	2,3	12	1,9	
3,3	13	2,0	12	1,9	16	2,5	12	1,9	
3,4	13	2,0	12	1,9	16	2,5	12	1,9	
3,5	13	2,0	12	1,9	16	2,5	12	1,9	
3,6	16	2,5	15	2,3	19	3,0	18	2,8	
3,7	16	2,5	15	2,3	19	3,0	18	2,8	
3,8	16	2,5	15	2,3	19	3,0	18	2,8	
3,9	28	4,4	13	2,0	28	4,4	25	3,9	
4	28	4,2	13	2,0	28	4,2	25	3,8	
4,1	28	4,2	13	2,0	28	4,2	25	3,8	
4,2	32	4,8	15	2,3		0,0	31	4,7	
4,3	32	4,8	15	2,3		0,0	31	4,7	
4,4	32	4,8	15	2,3		0,0	31	4,7	

Dati

4,5		0,0	14	2,1		0,0		0,0
4,6		0,0	14	2,1		0,0		0,0
4,7		0,0	14	2,1		0,0		0,0
4,8		0,0	28	4,2		0,0		0,0
4,9		0,0	28	4,2		0,0		0,0
5		0,0	28	4,0		0,0		0,0

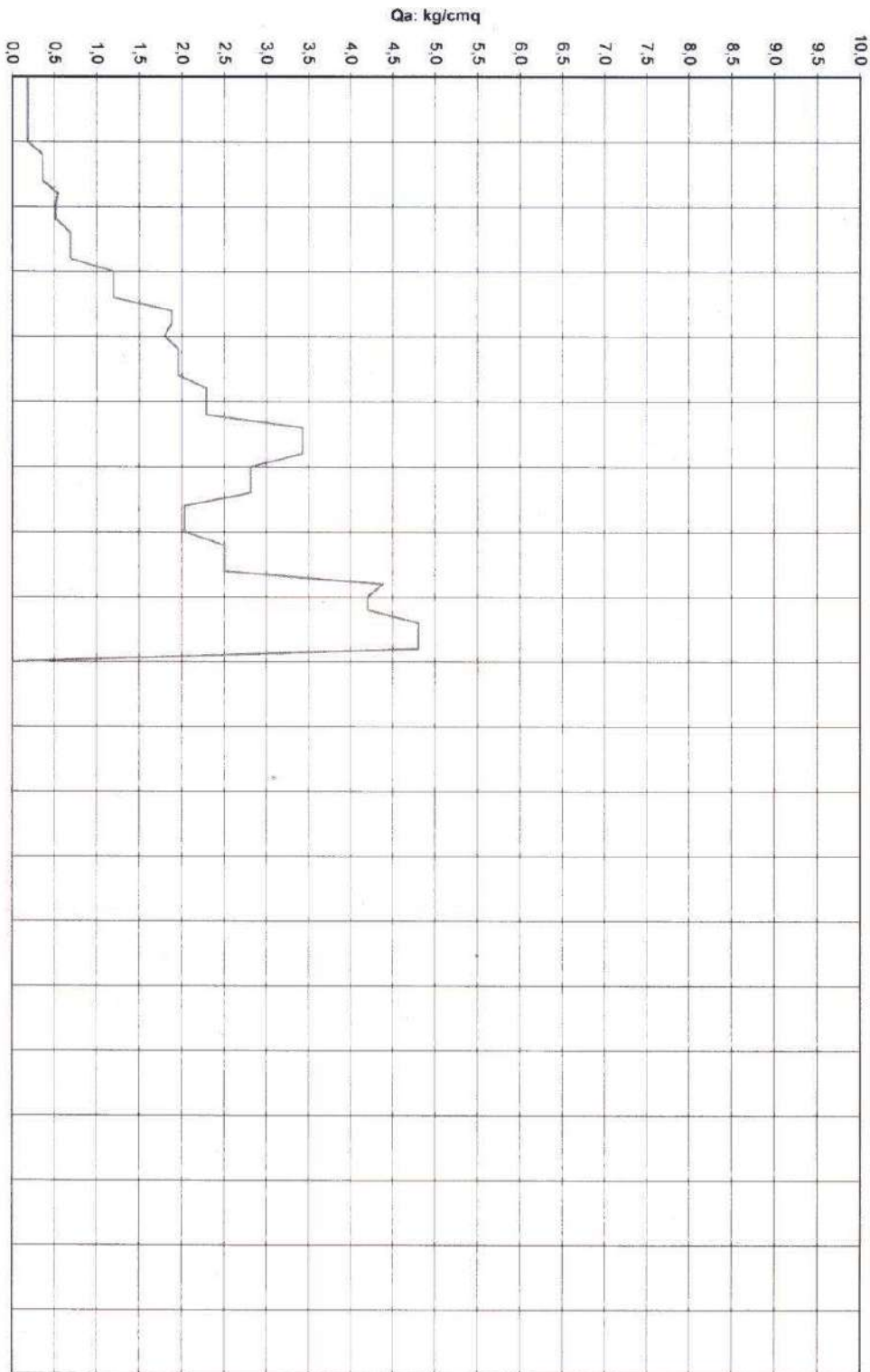




Isto1 Grafico 2

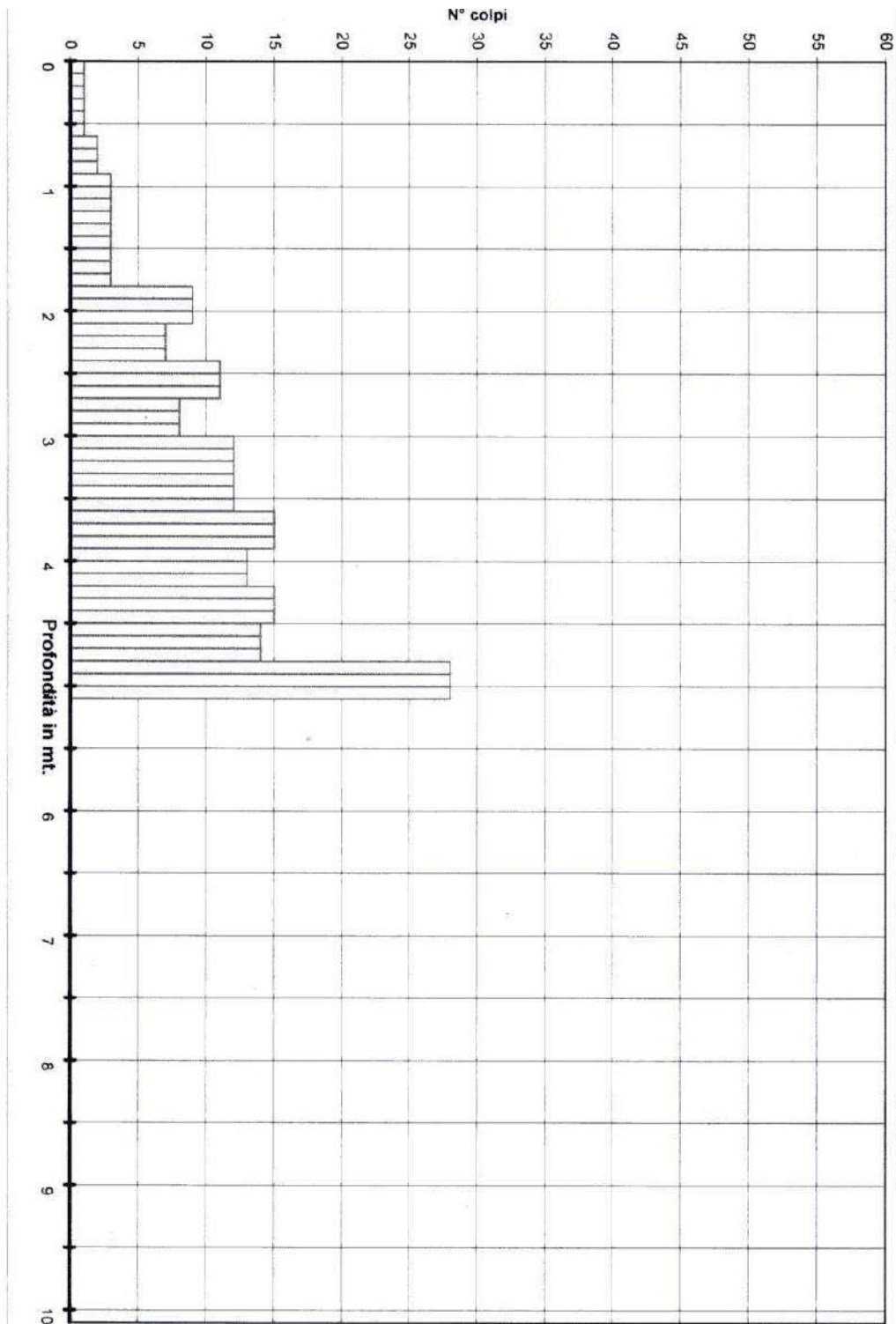
Scpt1





Isto1 Grafico 7

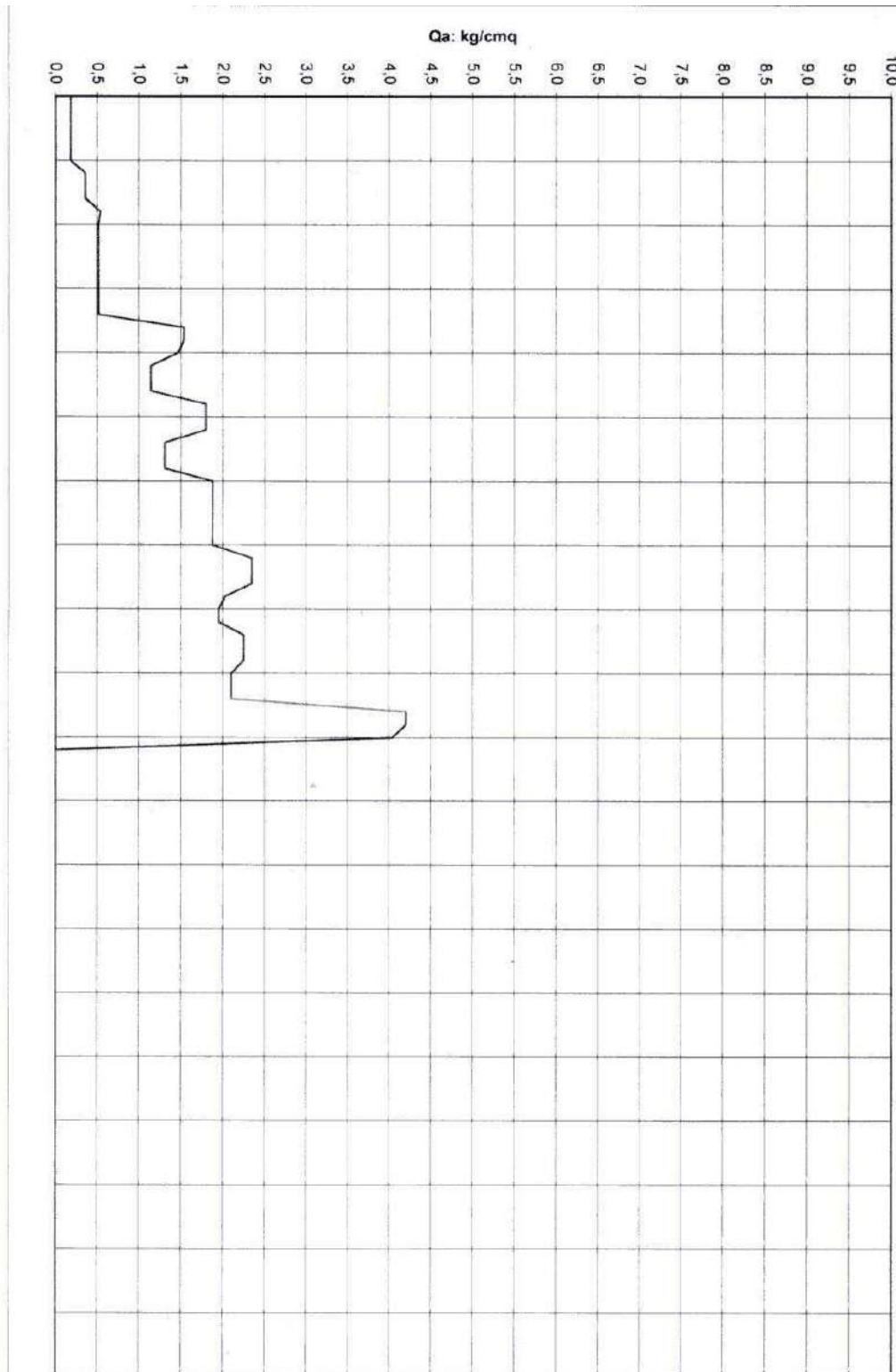
Scpt1



Isto1 Grafico 12

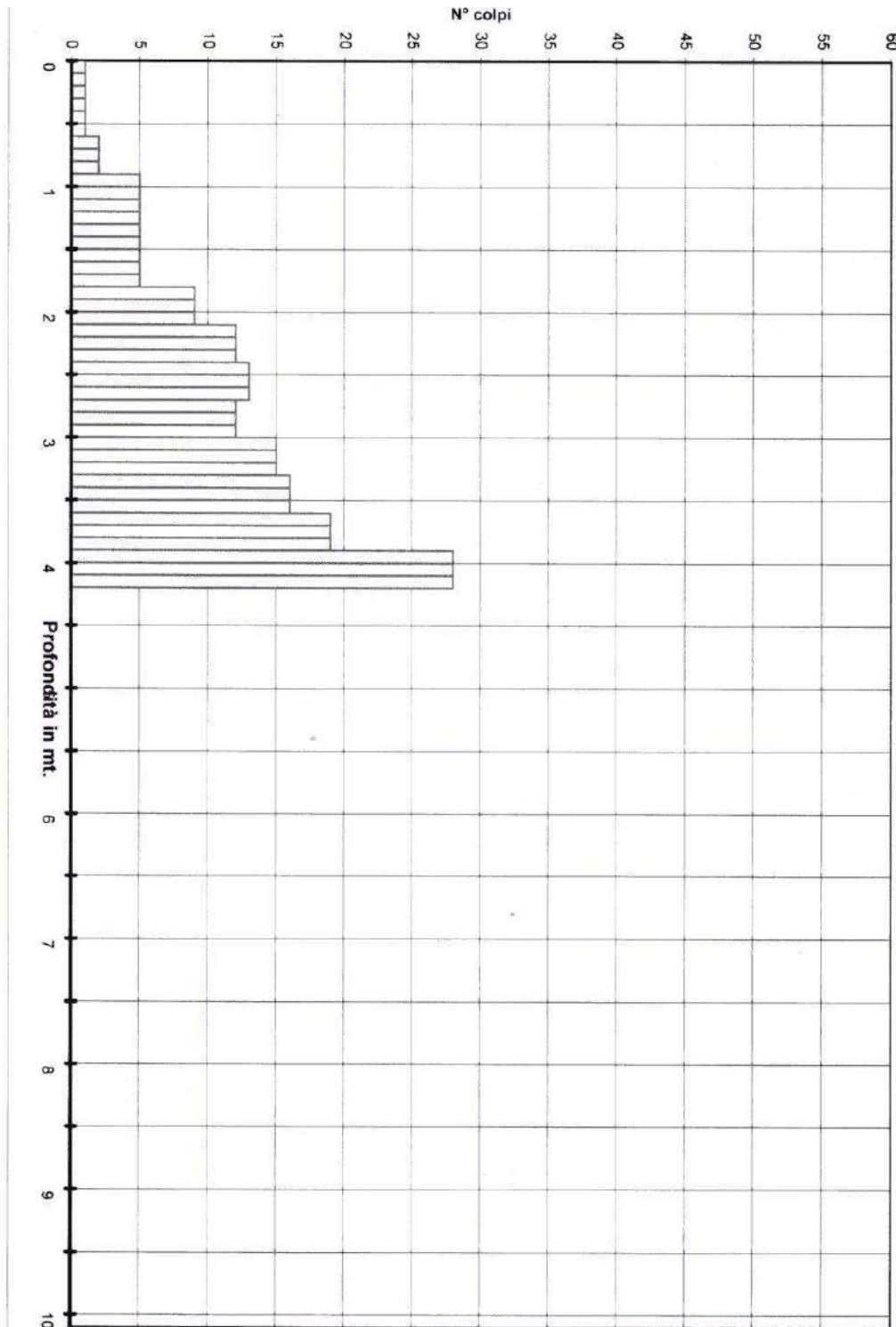
Pagina 1

Scept2



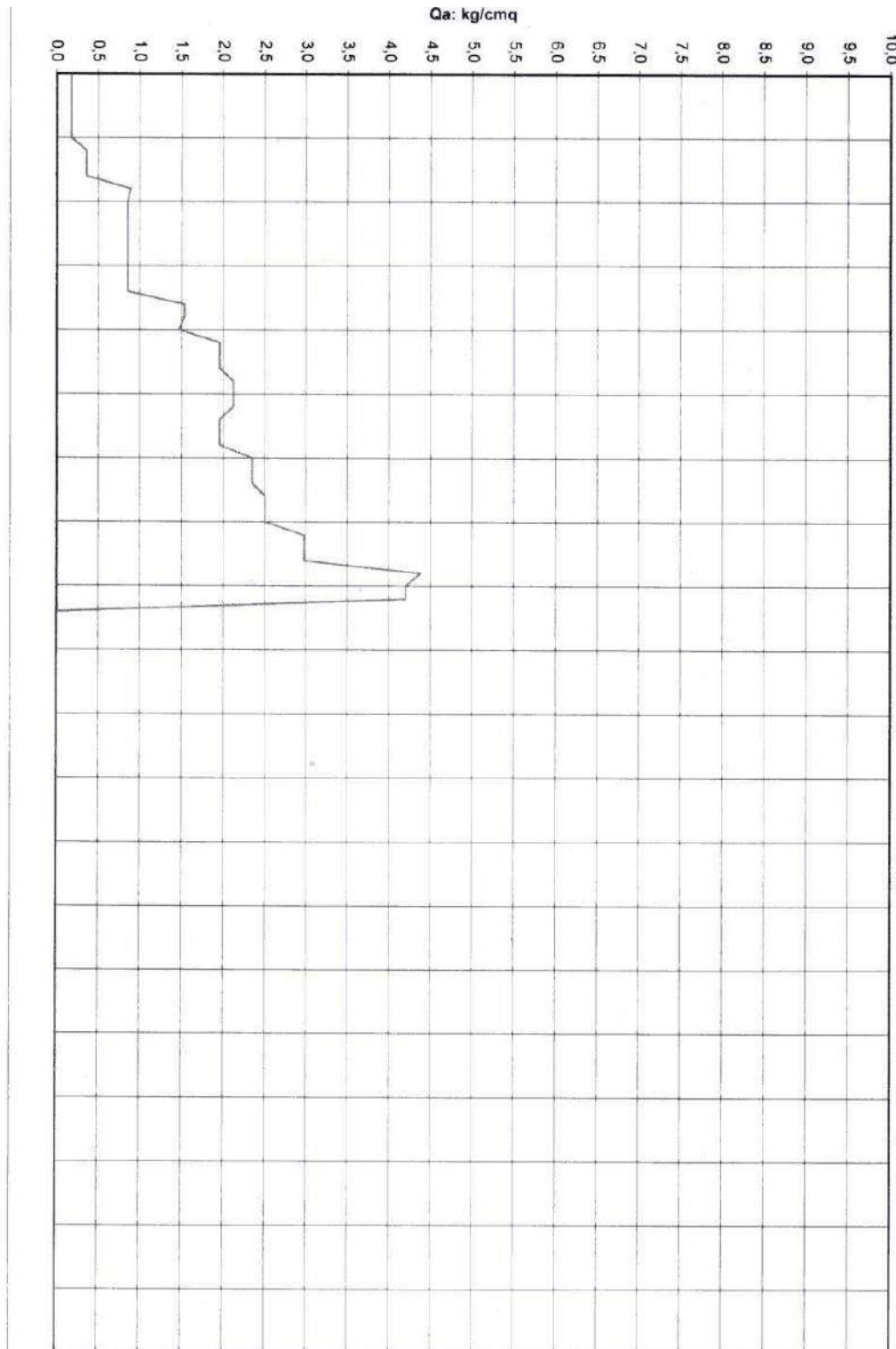
Ist1 Grafico 9

Scpt2



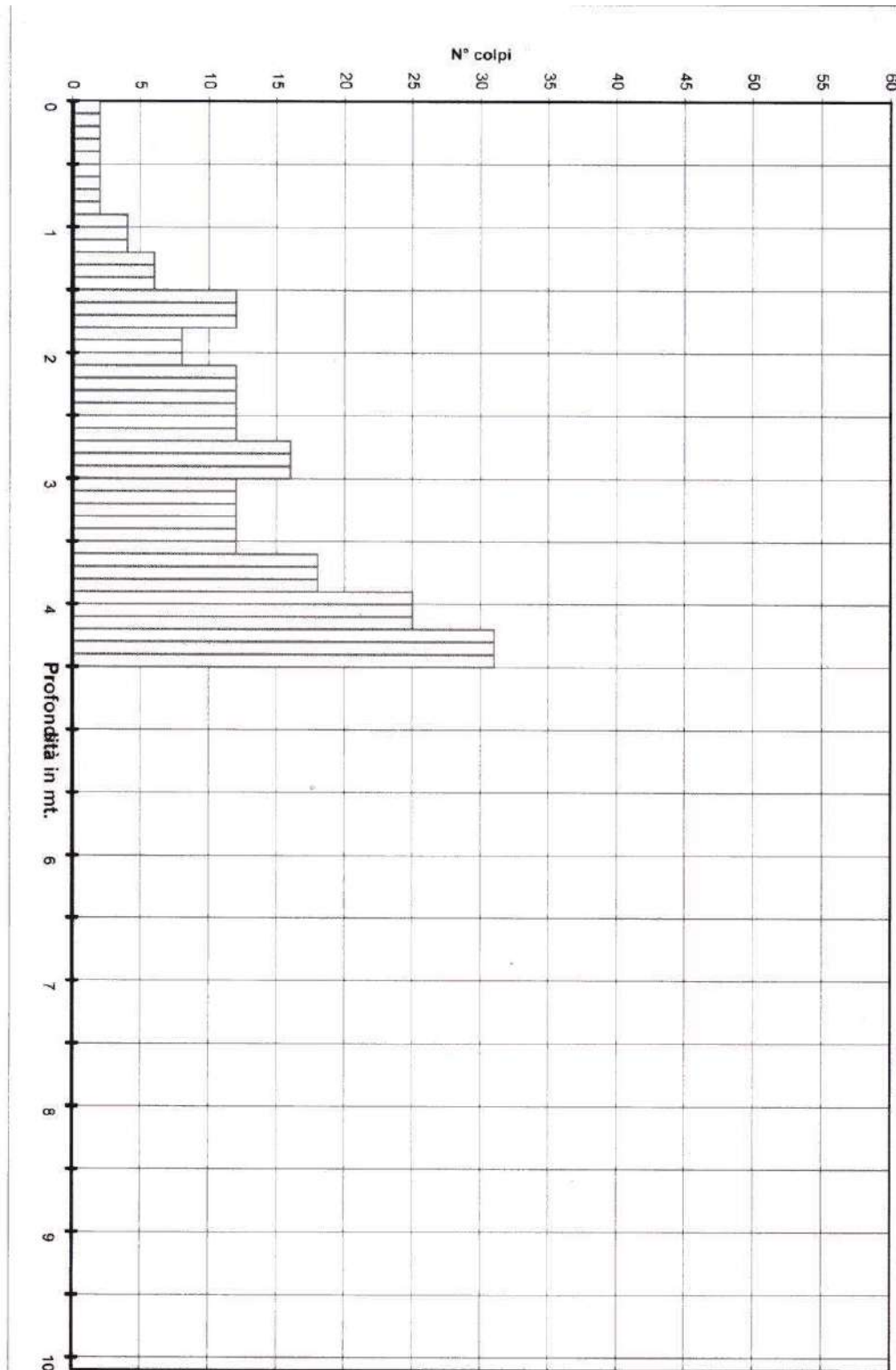
Isto1 Grafico 16

Scpt3



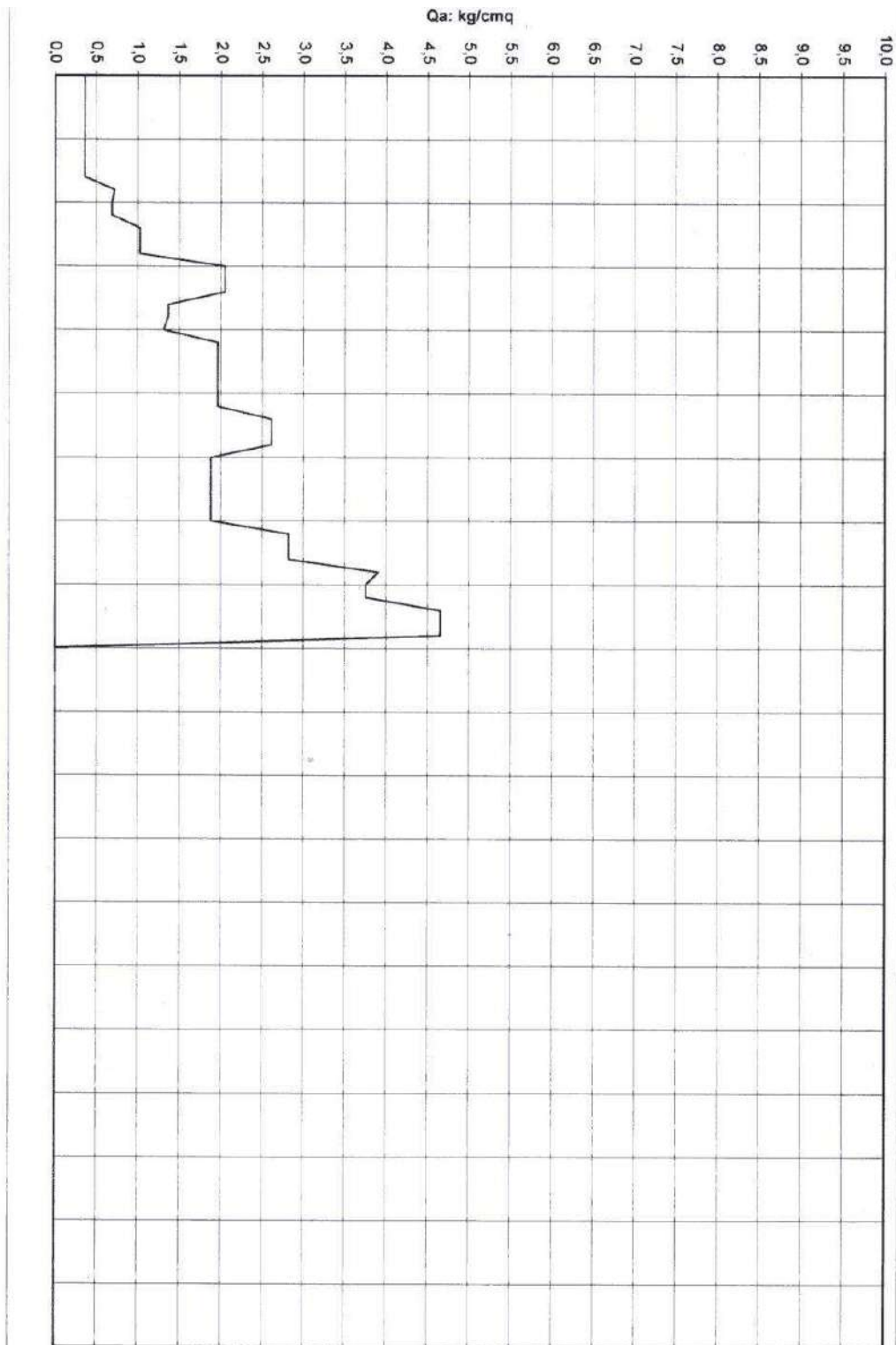
Isio1 Grafico 13

Scpt3



Ist01 Grafico 20

Scpt4



Isb01 Grafico 17

Scpt4

Dalle prove SCPT, dal sondaggio in situ con SPT, dall'osservazione delle trincee scavate e dalle informazioni reperite in letteratura possono essere illustrate le caratteristiche geotecniche dei litotipi ed alcune proprietà geomeccaniche utili ai fini progettuali:

**Strato di terreno vegetale argilloso**

**da 0 a -1 m**

**Peso di volume secco ( $\gamma$ ) = 16 KN/mc**

**Peso di volume saturo ( $\gamma_{sat}$ ) = 18 KN/mc**

**Angolo di attrito interno ( $\Phi$ ) = 17°**

**Coesione = 40 Kp**

**Strato a Matrice sabbioso-limosa con ghiaia e ciottoli**

**da -1 a -5 m**

**Peso di volume secco ( $\gamma$ ) = 18 KN/mc**

**Peso di volume saturo ( $\gamma_{sat}$ ) = 23KN/mc**

**Angolo di attrito interno ( $\Phi$ ) = 32°**

**Coesione efficace = 0**

**Densità relativa ( $D_r$  %) = 60-80**

**E (modulo di Young) = da 150 a 250 (Mpa)**

**Go (modulo di taglio) = 65-90 (Mpa)**

**Strato a sabbia e limo sabbioso con ghiaia e ghiaietto**

**da -5 a -13m**

**Peso di volume secco ( $\gamma$ ) = 18 KN/mc**

**Peso di volume saturo ( $\gamma_{sat}$ ) = 23KN/mc**

**Angolo di attrito interno ( $\Phi$ ) = 35°**

**Coesione efficace = 0**



**Densità relativa ( $D_r$  %)= 55 - 65**

**$E$  (modulo di Young) = da 250 a 350 (Mpa)**

**$G_0$  (modulo di taglio)= 50-70 (Mpa)**

**Strato a matrice argillosa con ghiaietto e ghiaia**

**da -13 a -15 m**

**Peso di volume secco ( $\gamma$ ) = 16 KN/mc**

**Peso di volume saturo ( $\gamma_{sat}$ ) = 18 KN/mc**

**Angolo di attrito interno ( $\Phi$ ) = 21°**

**Coesione = 40 Kp**

Secondo le Raccomandazioni Agi (1977), il materiale litologico sul quale saranno infissi i tracker può essere così classificato:

**Classifica di cantiere:** Terre incoerenti o granulari con elementi lapidei aventi dimensioni prevalenti > di 2 mm (ghiaia). Consistenza: sciolto

**Classifica Granulometrica:** Ghiaia con ciottoli e sabbia

**Classificazione USCS:** Terre a Grana Grossa. Simbolo GW . Ghiaie a granulometrica ben assortita o miscele di ghiaia e sabbia con frazione fine scarsa o assente.

**Classificazione H.R.B. (AASHO M 145 – 49):** Gruppo di classificazione A-1

## **7.1. – Analisi delle indagini**

Il progetto prevede la posa di pannelli fotovoltaici (tracker) con fondazioni a pali infissi nella parte più superficiale del terreno.

Considerato la matrice di carattere limoso-sabbiosa dei primi metri di terreno si ritiene cautelativo valutare il carico ammissibile come se tutto il sottosuolo interessato dal bulbo di fondazione fosse dotato di medesime caratteristiche geotecniche (limoso-omogeneo-isotropo).

Si allegano alcuni dati relativi alle proprietà geomeccaniche dedotte dalle prove penetrometriche.

### Prova penetrometrica N° 1

mt	N°	Ang	Ed	Dr	c(t/mq)
0,0	1	19	6		
0,1	1	19	6		
0,2	1	19	6		
0,3	1	19	6	<20	
0,4	1	19	6	<20	
0,5	1	19	6	<20	
0,6	2	20	12	<20	2
0,7	2	20	12	<20	
0,8	2	20	12	<20	
0,9	3	22	18	<20	4
1,0	3	22	18	<20	
1,1	3	22	18	<20	
1,2	4	23	24	20-40	
1,3	4	23	24	20-40	
1,4	4	23	24	20-40	
1,5	7	25	42	20-40	5
1,6	7	25	42	20-40	
1,7	7	25	42	20-40	
1,8	11	28	66	40-60	
1,9	11	28	66	40-60	
2,0	11	28	66	40-60	
2,1	12	28	72	40-60	
2,2	12	28	72	40-60	
2,3	12	28	72	40-60	
2,4	14	29	84	40-60	
2,5	14	29	84	40-60	
2,6	14	29	84	40-60	
2,7	21	33	126	40-60	
2,8	21	33	126	40-60	
2,9	21	33	126	40-60	
3,0	18	31	108	40-60	
3,1	18	31	108	40-60	
3,2	18	31	108	40-60	
3,3	13	29	78	40-60	
3,4	13	29	78	40-60	
3,5	13	29	78	40-60	
3,6	16	30	96	40-60	
3,7	16	30	96	40-60	
3,8	16	30	96	40-60	
3,9	28	35	168	40-60	
4,0	28	35	168	40-60	
4,1	28	35	168	40-60	
4,2	32	37	192	60-80	
4,3	32	37	192	60-80	
4,4	32	37	192	60-80	
4,5	0	0	0	0	
4,6	0	0	0	0	
4,7	0	0	0	0	
4,8	0	0	0	0	
4,9	0	0	0	0	
5,0	0	0	0	0	

mt	N°	Ang	Ed	Dr	c(t/mq)
5,1					
5,2					
5,3					
5,4					
5,5					
5,6					
5,7					
5,8					
5,9					
6,0					
6,1					
6,2					
6,3					
6,4					
6,5					
6,6					
6,7					
6,8					
6,9					
7,0					
7,1					
7,2					
7,3					
7,4					
7,5					
7,6					
7,7					
7,8					
7,9					
8,0					
8,1					
8,2					
8,3					
8,4					
8,5					
8,6					
8,7					
8,8					
8,9					
9,0					
9,1					
9,2					
9,3					
9,4					
9,5					
9,6					
9,7					
9,8					
9,9					
10,0					

### Prova penetrometrica N° 2

mt	N°	Ang	Ed	Dr	c(t/mq)
0,0	1	19	6		
0,1	1	19	6		
0,2	1	19	6		
0,3	1	19	6		
0,4	1	19	6		
0,5	1	19	6		
0,6	2	20	12		2
0,7	2	20	12		
0,8	2	20	12		
0,9	3	22	18		4
1,0	3	22	18		
1,1	3	22	18		
1,2	3	22	18		
1,3	3	22	18		
1,4	3	22	18		
1,5	3	22	18		
1,6	3	22	18		
1,7	3	22	18		
1,8	9	27	54	20-40	
1,9	9	27	54	20-40	
2,0	9	27	54	20-40	
2,1	7	25	42		8
2,2	7	25	42		
2,3	7	25	42		
2,4	11	28	66	40-60	
2,5	11	28	66	40-60	
2,6	11	28	66	40-60	
2,7	8	26	48	20-40	
2,8	8	26	48	20-40	
2,9	8	26	48	20-40	
3,0	12	28	72	40-60	
3,1	12	28	72	40-60	
3,2	12	28	72	40-60	
3,3	12	28	72	40-60	
3,4	12	28	72	40-60	
3,5	12	28	72	40-60	
3,6	15	30	90	40-60	
3,7	15	30	90	40-60	
3,8	15	30	90	40-60	
3,9	13	29	78	40-60	
4,0	13	29	78	40-60	
4,1	13	29	78	40-60	
4,2	15	30	90	40-60	
4,3	15	30	90	40-60	
4,4	15	30	90	40-60	
4,5	14	29	84	40-60	
4,6	14	29	84	40-60	
4,7	14	29	84	40-60	
4,8	28	35	168	40-60	
4,9	28	35	168	40-60	
5,0	28	35	168	40-60	

mt	N°	Ang	Ed	Dr	c(t/mq)
5,1					
5,2					
5,3					
5,4					
5,5					
5,6					
5,7					
5,8					
5,9					
6,0					
6,1					
6,2					
6,3					
6,4					
6,5					
6,6					
6,7					
6,8					
6,9					
7,0					
7,1					
7,2					
7,3					
7,4					
7,5					
7,6					
7,7					
7,8					
7,9					
8,0					
8,1					
8,2					
8,3					
8,4					
8,5					
8,6					
8,7					
8,8					
8,9					
9,0					
9,1					
9,2					
9,3					
9,4					
9,5					
9,6					
9,7					
9,8					
9,9					
10,0					



Prova penetrometrica N° 3

mt	N°	Ang	Ed	Dr	c(t/mq)
0,0	1	19	6		1
0,1	1	19	6		
0,2	1	19	6		
0,3	1	19	6		
0,4	1	19	6		
0,5	1	19	6		
0,6	2	20	12		
0,7	2	20	12		
0,8	2	20	12		
0,9	5	24	30		4
1,0	5	24	30		
1,1	5	24	30		
1,2	5	24	30		
1,3	5	24	30		
1,4	5	24	30		
1,5	5	24	30		5
1,6	5	24	30		
1,7	5	24	30		
1,8	9	27	54	20-40	6
1,9	9	27	54	20-40	
2,0	9	27	54	20-40	
2,1	12	28	72	40-60	
2,2	12	28	72	40-60	
2,3	12	28	72	40-60	
2,4	13	29	78	40-60	
2,5	13	29	78	40-60	
2,6	13	29	78	40-60	
2,7	12	28	72	40-60	
2,8	12	28	72	40-60	
2,9	12	28	72	40-60	
3,0	15	30	90	40-60	
3,1	15	30	90	40-60	
3,2	15	30	90	40-60	
3,3	16	30	96	40-60	
3,4	16	30	96	40-60	
3,5	16	30	96	40-60	
3,6	19	32	114	40-60	
3,7	19	32	114	40-60	
3,8	19	32	114	40-60	
3,9	28	35	168	40-60	
4,0	28	35	168	40-60	
4,1	28	35	168	40-60	
4,2	0	0	0	0	
4,3	0	0	0	0	
4,4	0	0	0	0	
4,5	0	0	0	0	
4,6	0	0	0	0	
4,7	0	0	0	0	
4,8	0	0	0	0	
4,9	0	0	0	0	
5,0	0	0	0	0	

mt	N°	Ang	Ed	Dr	c(t/mq)
5,1					
5,2					
5,3					
5,4					
5,5					
5,6					
5,7					
5,8					
5,9					
6,0					
6,1					
6,2					
6,3					
6,4					
6,5					
6,6					
6,7					
6,8					
6,9					
7,0					
7,1					
7,2					
7,3					
7,4					
7,5					
7,6					
7,7					
7,8					
7,9					
8,0					
8,1					
8,2					
8,3					
8,4					
8,5					
8,6					
8,7					
8,8					
8,9					
9,0					
9,1					
9,2					
9,3					
9,4					
9,5					
9,6					
9,7					
9,8					
9,9					
10,0					

### Prova penetrometrica N° 4

mt	N°	Ang	Ed	Dr	c(t/mq)
0,0	2	20	12		
0,1	2	20	12		2
0,2	2	20	12		
0,3	2	20	12		
0,4	2	20	12		
0,5	2	20	12		
0,6	2	20	12		
0,7	2	20	12		
0,8	2	20	12		
0,9	4	23	24		4
1,0	4	23	24		
1,1	4	23	24		
1,2	6	24	36		
1,3	6	24	36		6
1,4	6	24	36		
1,5	12	28	72	40-60	
1,6	12	28	72	40-60	
1,7	12	28	72	40-60	
1,8	8	26	48		7
1,9	8	26	48		
2,0	8	26	48		
2,1	12	28	72	40-60	
2,2	12	28	72	40-60	
2,3	12	28	72	40-60	
2,4	12	28	72	40-60	
2,5	12	28	72	40-60	
2,6	12	28	72	40-60	
2,7	16	30	96	40-60	
2,8	16	30	96	40-60	
2,9	16	30	96	40-60	
3,0	12	28	72	40-60	
3,1	12	28	72	40-60	
3,2	12	28	72	40-60	
3,3	12	28	72	40-60	
3,4	12	28	72	40-60	
3,5	12	28	72	40-60	
3,6	18	31	108	40-60	
3,7	18	31	108	40-60	
3,8	18	31	108	40-60	
3,9	25	34	150	40-60	
4,0	25	34	150	40-60	
4,1	25	34	150	40-60	
4,2	31	37	186	60-80	
4,3	31	37	186	60-80	
4,4	31	37	186	60-80	
4,5	0	0	0	0	
4,6	0	0	0	0	
4,7	0	0	0	0	
4,8	0	0	0	0	
4,9	0	0	0	0	
5,0	0	0	0	0	

mt	N°	Ang.	Ed	Dr	c(t/mq)
5,1					
5,2					
5,3					
5,4					
5,5					
5,6					
5,7					
5,8					
5,9					
6,0					
6,1					
6,2					
6,3					
6,4					
6,5					
6,6					
6,7					
6,8					
6,9					
7,0					
7,1					
7,2					
7,3					
7,4					
7,5					
7,6					
7,7					
7,8					
7,9					
8,0					
8,1					
8,2					
8,3					
8,4					
8,5					
8,6					
8,7					
8,8					
8,9					
9,0					
9,1					
9,2					
9,3					
9,4					
9,5					
9,6					
9,7					
9,8					
9,9					
10,0					

## 8.0. - AZIONE SISMICA

Grazie ai dati presenti in letteratura e ad uno stendimento su terreni identici dal punto di vista sismico e geologico di tipo MASW eseguito dallo scrivente nei pressi dell'interporto per il recupero del cavalcaferrovia Savonesa (anno 2020), è stata determinata l'azione sismica nel sito in esame.

Secondo la Deliberazione della Giunta Regionale 19 gennaio 2010, n. 11-13058 "Aggiornamento e adeguamento dell'elenco delle zone sismiche (O.P.C.M. n. 3274/2003 e 3519 / 2006)", il comune di Tortona viene classificato come zona sismica di categoria 3.

Le Norme Tecniche per le Costruzioni prevedono che per la definizione dell'azione sismica si possa far riferimento ad un approccio semplificato che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento.

Vengono pertanto definite le seguenti categorie di sottosuolo:

A- Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi caratterizzati da valori di  $V_{s30}$  superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiali di spessore massimo pari a 5 m.

B- Depositi di sabbie e ghiaie molto addensate o argille molto consistenti con spessori 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 resistenza penetrometrica  $N_{spt} > 50$ , o coesione non drenata  $c_u > 250$  kPa).

C- Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate o di argille di media consistenza con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di  $V_{s30}$  compresi tra 180 e 360 m/s ( $15 < N_{spt} < 50$ ,  $70 < c_u < 250$  kPa).

D- Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a

mediamente consistenti, caratterizzati da valori di  $V_{s30} < 180$  m/s ( $N_{spt} < 15$ ,  $c_u > 70$  KPa)

E- Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali, con valori di  $V_{s30}$  simili a quelli del tipo C o D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con  $V_s > 800$  m/s.

Ai fini della definizione dell'azione sismica necessaria per la progettazione si rileva, dalle indagini in sito, che il terreno indagato appartiene alla seguente categoria di profilo stratigrafico del suolo di fondazione:

B -Depositi di sabbie e ghiaie molto addensate o argille molto consistenti con spessori 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 resistenza penetrometrica  $N_{spt} > 50$ , o coesione non drenata  $c_u > 250$  kPa).

Il valore del parametro  $a_g$  (accelerazione orizzontale massima) di operatività (SLO) è definito in letteratura come 0,028g (espresso come fattore dell'accelerazione di gravità) e 0,036 g al SLD (stato limite di danno) alle coordinate del sito in oggetto.

L'indagine sismica di dettaglio è illustrata nelle pagine successive:





**ESECUZIONE INDAGINE GEOFISICA  
CON METODOLOGIA MASW**

**RAPPORTO TECNICO SULLE INDAGINI  
ESEGUITE A TORTONA – LOCALITA' RIVALTA**

**COMMITTENTE: GEOL. GIANMARIO REPREGOSI**

**DATA: 12 MARZO 2020**

**Sede legale:**

Via Aldo Moro, n. 5  
27028 S.Martino Siccomario (PV)  
tel 0382/1750334 fax 0382/1752557  
Registro Imprese n.

P.IVA / C.F. 02015400183

e-mail: [gta@gtasrl.it](mailto:gta@gtasrl.it) sito internet:

**Sede operativa:**

Via Aldo Moro, n. 5  
27028 S.Martino Siccomario (PV)  
tel 0382/1750334 fax 0382/1752557

AZIENDA CERTIFICATA  
UNI EN ISO 9001:2000

<b>1. PREMESSA.....</b>	<b>3</b>
<b>2. UBICAZIONE DELL' INDAGINE .....</b>	<b>4</b>
<b>3. PROVA SISMICA MULTICANALE MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves).....</b>	<b>5</b>
<b>3.1 Descrizione metodologica d'indagine.....</b>	<b>5</b>
<b>3.2 Strumentazione utilizzata .....</b>	<b>6</b>
<b>4. INTERPRETAZIONE ED ELABORAZIONE DATI .....</b>	<b>7</b>
<b>5. RISULTATI.....</b>	<b>14</b>
<b>5.1 Altri parametri geotecnici.....</b>	<b>15</b>

## 1. PREMESSA

La prova geofisica oggetto del presente rapporto, è stata eseguita per conto del dott. Geol. Gian Mario Repregosi ed ha riguardato la valutazione della velocità di propagazione delle onde sismiche superficiali nei terreni presso la località Rivalta, in Comune di Tortona (AL).

Alla luce delle nuove **NTC 2018**, la caratterizzazione del terreno dal punto di vista sismico, richiede la conoscenza del profilo di velocità delle onde di taglio  $V_{eq}$  degli strati di terreno presenti nel sito. Per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30 m, come praticamente appare nel nostro caso, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{S,eq}$  è definita dal parametro  $V_{S,30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Secondo quanto previsto dal programma d'indagine, è stata realizzata n° 1 indagine sismica con metodologia M.A.S.W.

Questo documento costituisce il rapporto tecnico redatto a chiusura della commessa e riporta la descrizione delle attività svolte in cantiere, le specifiche tecniche delle attrezzature impiegate, i dati di campagna ed i risultati delle prove eseguite in sito.

## 2. UBICAZIONE DELL' INDAGINE

L'indagine è stata eseguita in presso la località Rivalta in Comune di Tortona; l'ubicazione dell'area con il tracciato dello stendimento sismico è riportata nella figura seguente.



**Fig. 1** – Ubicazione dello stendimento sismico



### **3. PROVA SISMICA MULTICANALE MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)**

#### **3.1 Descrizione metodologica d'indagine**

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

#### **Moto del segnale sismico**

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

- **P** - Longitudinale: onda profonda di compressione;
- **S** - Trasversale: onda profonda di taglio;
- **L** - Love: onda di superficie, composta da onde P e S;
- **R** - Rayleigh: onda di superficie composta da un movimento ellittico e retrogrado.

#### **Onde di Rayleigh – "R"**

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

#### **Analisi del segnale con tecnica MASW**

Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier), i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica, il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato, dove è possibile identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali e osservando inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità - frequenza è detto *spettro di dispersione*. La curva di dispersione individuata nel dominio f-k è detta curva di dispersione sperimentale e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

### **Modellizzazione**

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

$$v = \lambda \times f$$

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

### **Modi di vibrazione**

Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale, è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno.

I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle a profondità elevate.

### **Profondità di indagine**

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

### **3.2 Strumentazione utilizzata**

Per l'esecuzione dell'indagine, si è utilizzato un sismografo a 24 canali, modello ECHO 24/2002 della Ambrogeo di Rivergaro (PC), con le seguenti principali impostazioni utilizzate:

Campionamento: 0.131 msec

Convertitore A/D 16 bit

Guadagno singoli canali: 100 dB

Distorsione: 0.01%

Risposta in frequenza: 7 – 950 Hz

Lo strumento è collegato ad un PC notebook via cavo, sul quale è installato il programma di acquisizione Ambrogeo 7.0.

I ricevitori sono geofoni con frequenza propria 4.5 Hz. Le energizzazioni sono fornite da una mazza di 8 Kg battente su piattello metallico.

Operativamente si è realizzata una linea sismica con 12 geofoni con interdistanza 5 m ed energizzazioni a 5 m di distanza dal primo ed ultimo geofono dello stendimento.

#### **4. INTERPRETAZIONE ED ELABORAZIONE DATI**

Per l'elaborazione è stato utilizzato il software Easy Masw della Geostru Software e si è sviluppata in due fasi:

1. determinazione della curva di dispersione e la valutazione dello spettro di velocità;
2. inversione della curva di dispersione interpretata, mediante picking di un modo dell'onda di Rayleigh e successiva applicazione di algoritmi genetici.

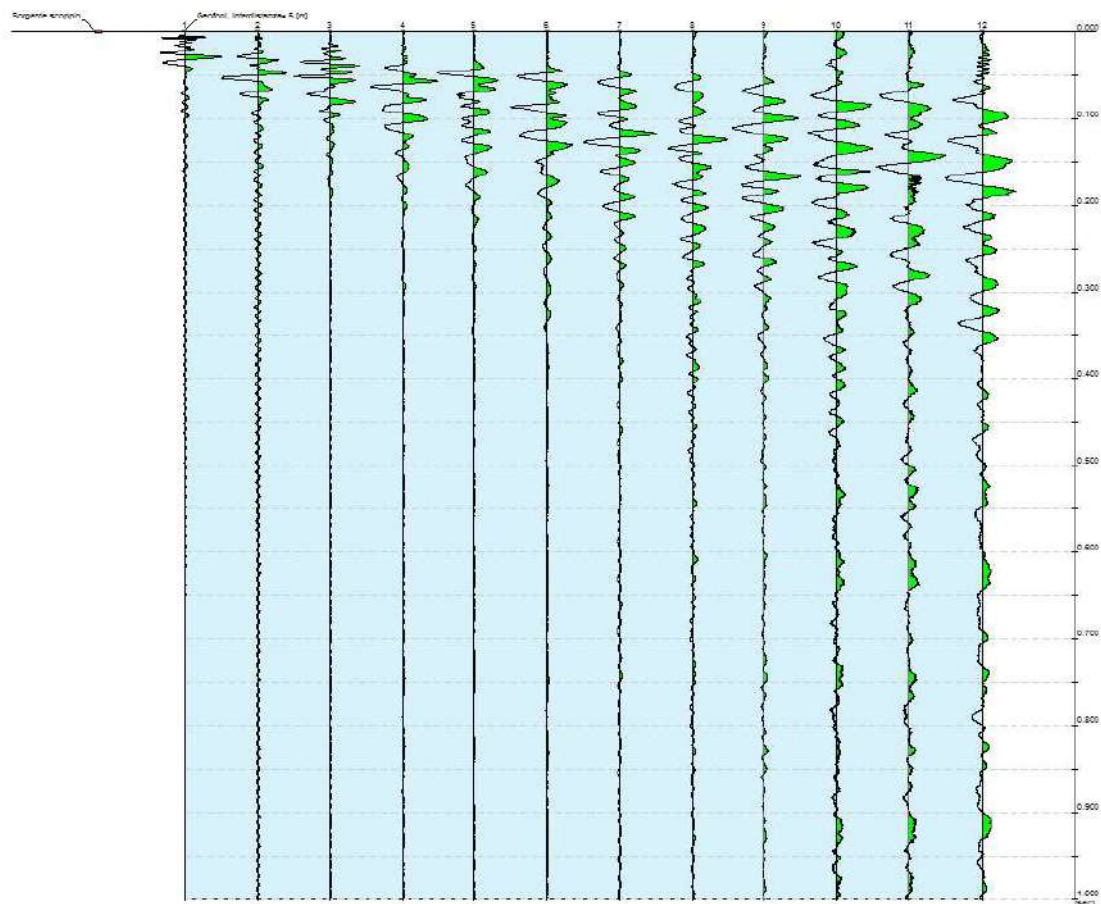
La sovrapposizione delle curve teoriche e sperimentali fornisce un parametro abbastanza indicativo sull'attendibilità del modello geofisico risultante.

#### **STENDIMENTO 1**

Tracce

<b>N. tracce</b>	12
<b>Durata acquisizione [msec]</b>	1002.3
<b>Interdistanza geofoni [m]</b>	5.0
<b>Periodo di campionamento [msec]</b>	0.131



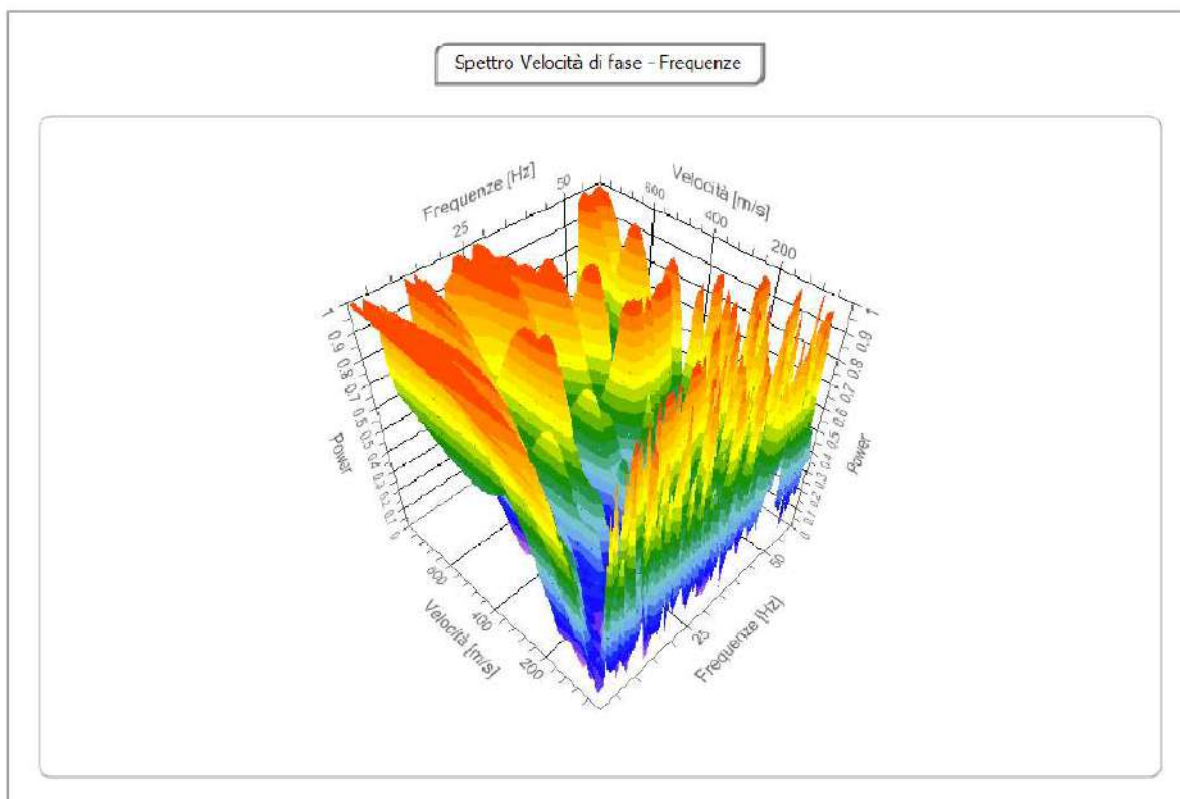


**Fig. 2 - Sismogramma standimento MASW 1**



### Analisi spettrale

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

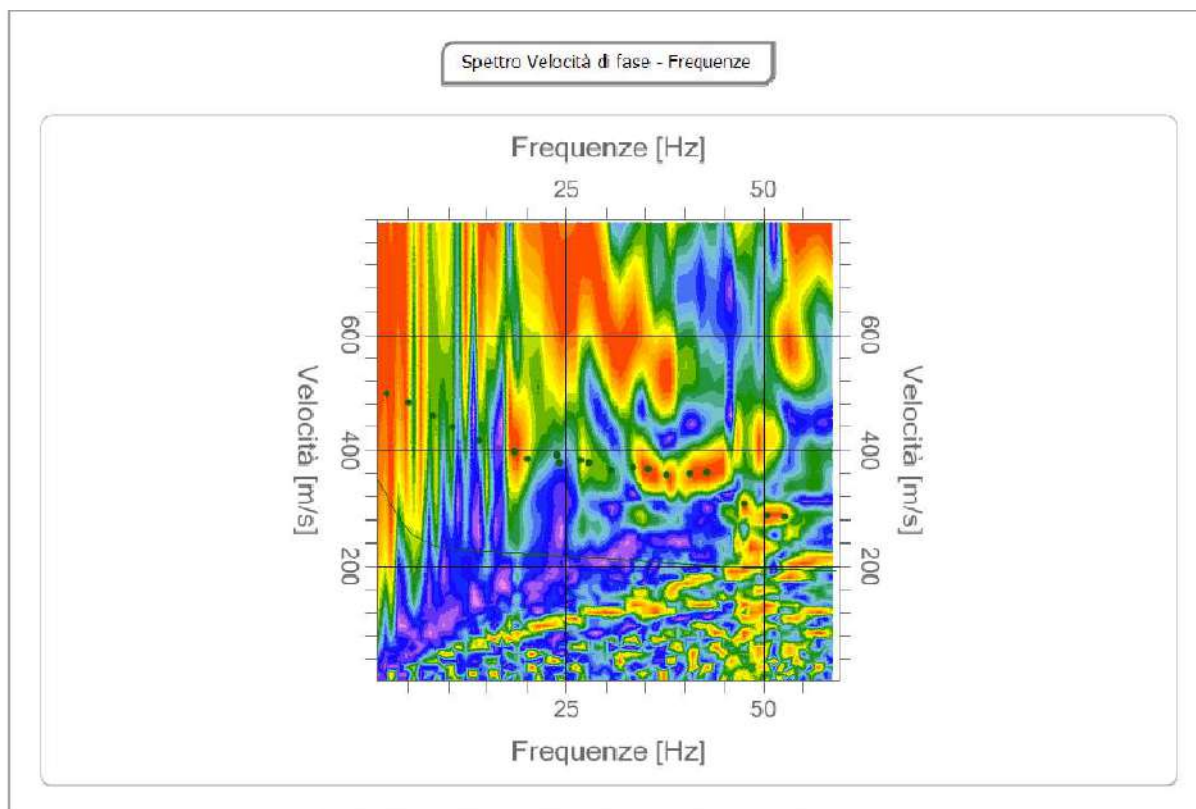


**Fig. 3-** Analisi spettrale

**Curva di dispersione**

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	2.3	496.8	0
2	5.1	483.5	0
3	8.2	459.2	0
4	10.6	439.2	0
5	14.0	417.1	0
6	18.4	397.2	0
7	20.2	383.9	0
8	24.1	379.5	0
9	28.0	379.5	0
10	30.8	366.2	0
11	23.8	390.5	0
12	26.9	381.7	0
13	33.5	370.6	0
14	35.3	368.4	0
15	37.8	357.3	0
16	40.7	359.6	0
17	43.0	361.8	0
18	47.7	306.4	0
19	50.6	286.5	0
20	52.7	284.3	0

**Tabella 1** - Parametri della curva di dispersione

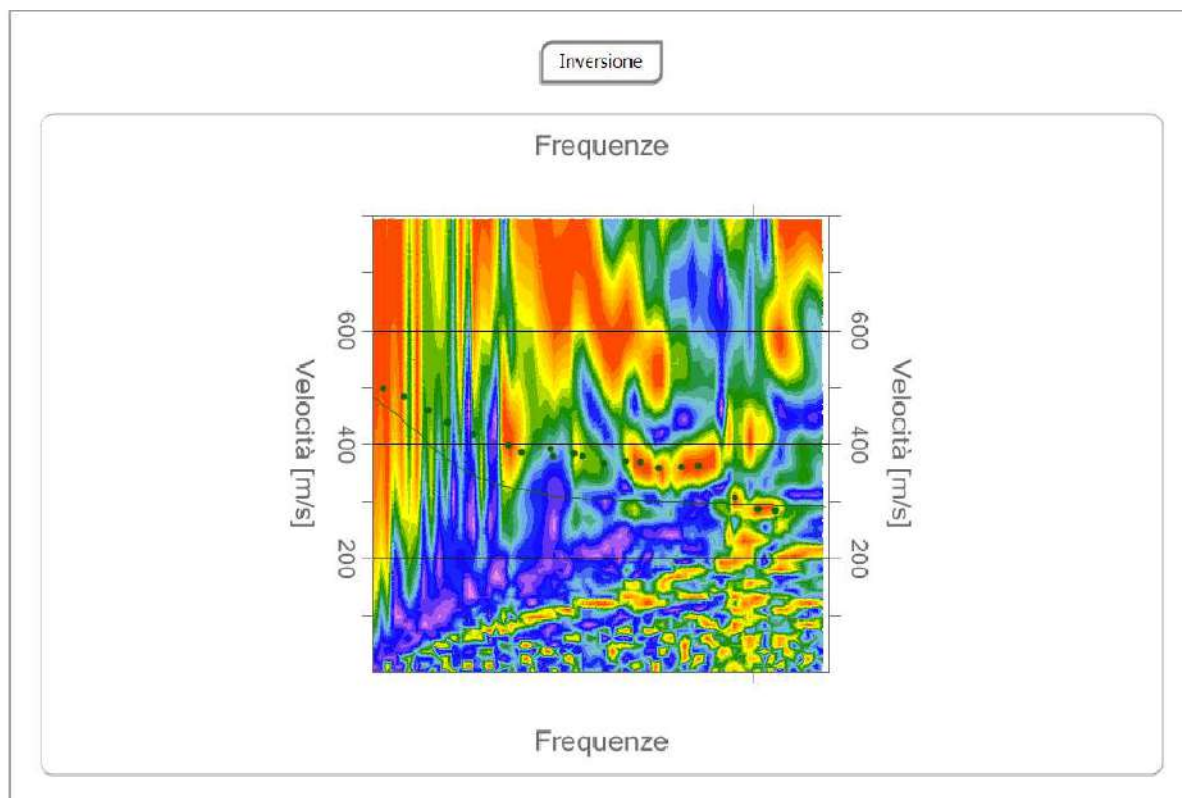


**Fig. 4** -Curva di dispersione stendimento masw 1

**Inversione**

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	1.00	1.00	1800.0	0.3	498.9	266.7
2	7.50	6.50	1800.0	0.3	623.6	333.3
3	15.00	7.50	1800.0	0.3	748.3	400.0
4	25.00	10.00	1800.0	0.3	873.1	466.7
5	∞	∞	1800.0	0.3	997.8	533.3

**Tabella 2** - Valori dell'inversione



**Fig. 5**-Inversione

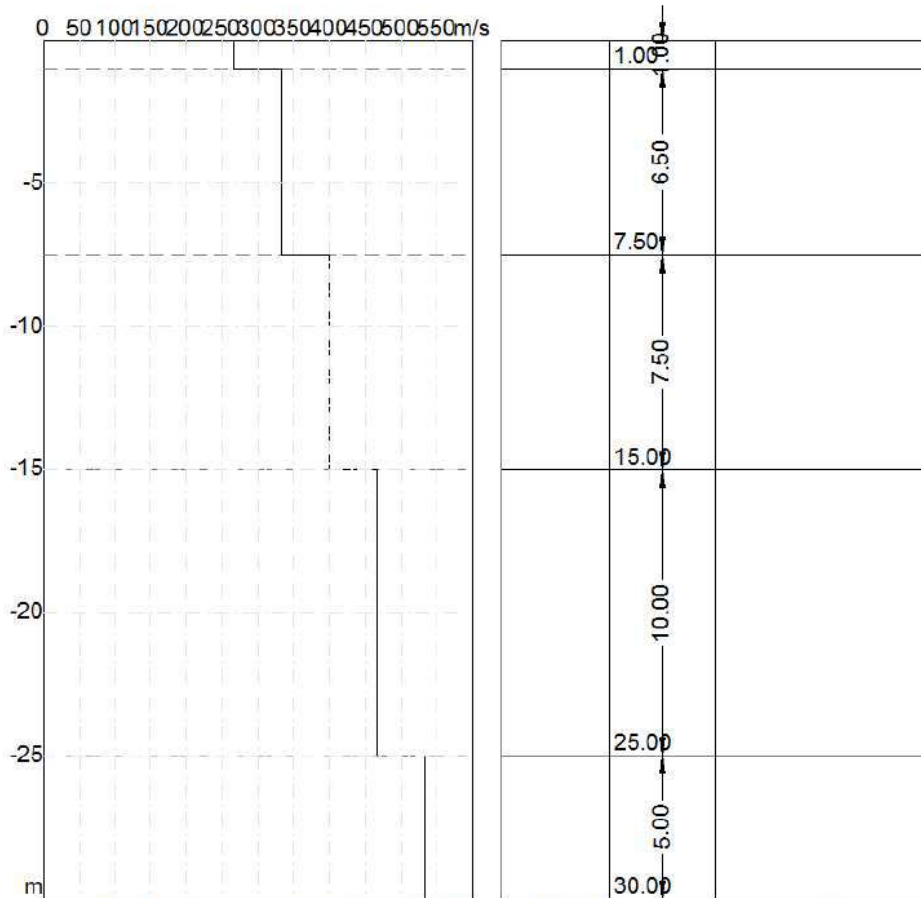
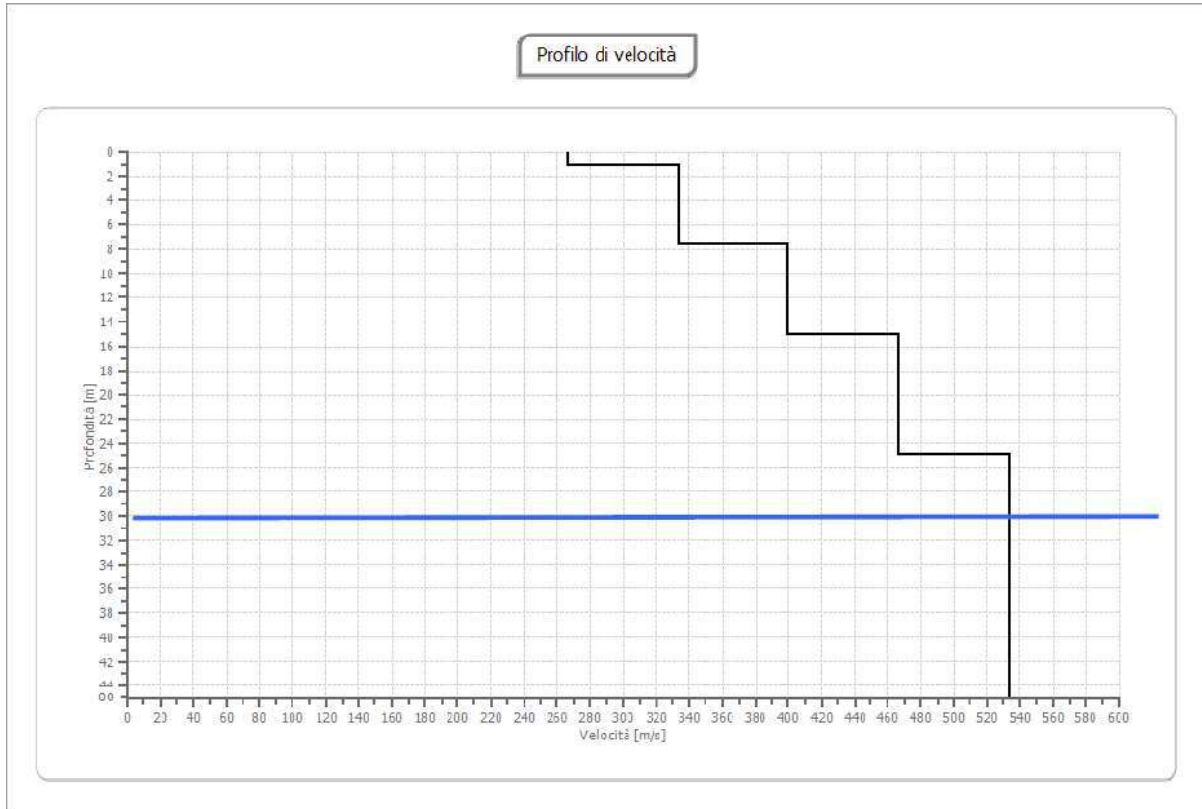


Fig. 6-7 - Modello risultante dall'inversione dei dati - Sismostratigrafia

## 5. RISULTATI

A partire dal modello sismico mono-dimensionale riportato nel capitolo precedente, è possibile calcolare il valore delle  $V_{seq}$  che, nel nostro caso, rappresenta la "velocità equivalente" di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio a partire dal piano campagna.

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

$h_i$  = spessore dello stato  $i$ -esimo;

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

$N$  = numero di strati;

$H$  = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_s$  non inferiore a 800 m/sec. Per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30 m, come praticamente appare nel nostro caso, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{S,eq}$  è definita dal parametro  $V_{S,30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

<b>Vs30 [m/sec]</b>	<b>412.00</b>
<b>Categoria del suolo</b>	Suolo di tipo B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente ( $V_{S,eq}$ ) compresi tra 360 m/s e 800 m/s



### 5.1 Altri parametri geotecnici

I valori delle Vs sono stati ricavati dall'indagine sismica di tipo MASW, consentendo, tramite formule empiriche, di eseguire una prima stima dei principali parametri elastici dei terreni investigati, con:

G0: Modulo di deformazione al taglio;  
 Ed: Modulo edometrico;  
 M0: Modulo di compressibilità volumetrica;  
 Ey: Modulo di Young;

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]
1	1.00	1.00	266.67	498.89	1800.00	0.30	128.00	448.00	277.33	332.80
2	7.50	6.50	333.33	623.61	1800.00	0.30	200.00	700.00	433.33	520.00
3	15.00	7.50	400.00	748.33	1800.00	0.30	288.00	1008.00	624.00	748.80
4	25.00	10.00	466.67	873.05	1800.00	0.30	392.00	1372.00	849.33	1019.20
5	∞	∞	533.33	997.78	1800.00	0.30	512.00	1792.00	1109.33	1331.20

**Tabella 3** - Schema riassuntivo parametri geotecnici

San Martino Siccomario, Marzo 2020

Dott. Geol. Gianluca Nascimbene



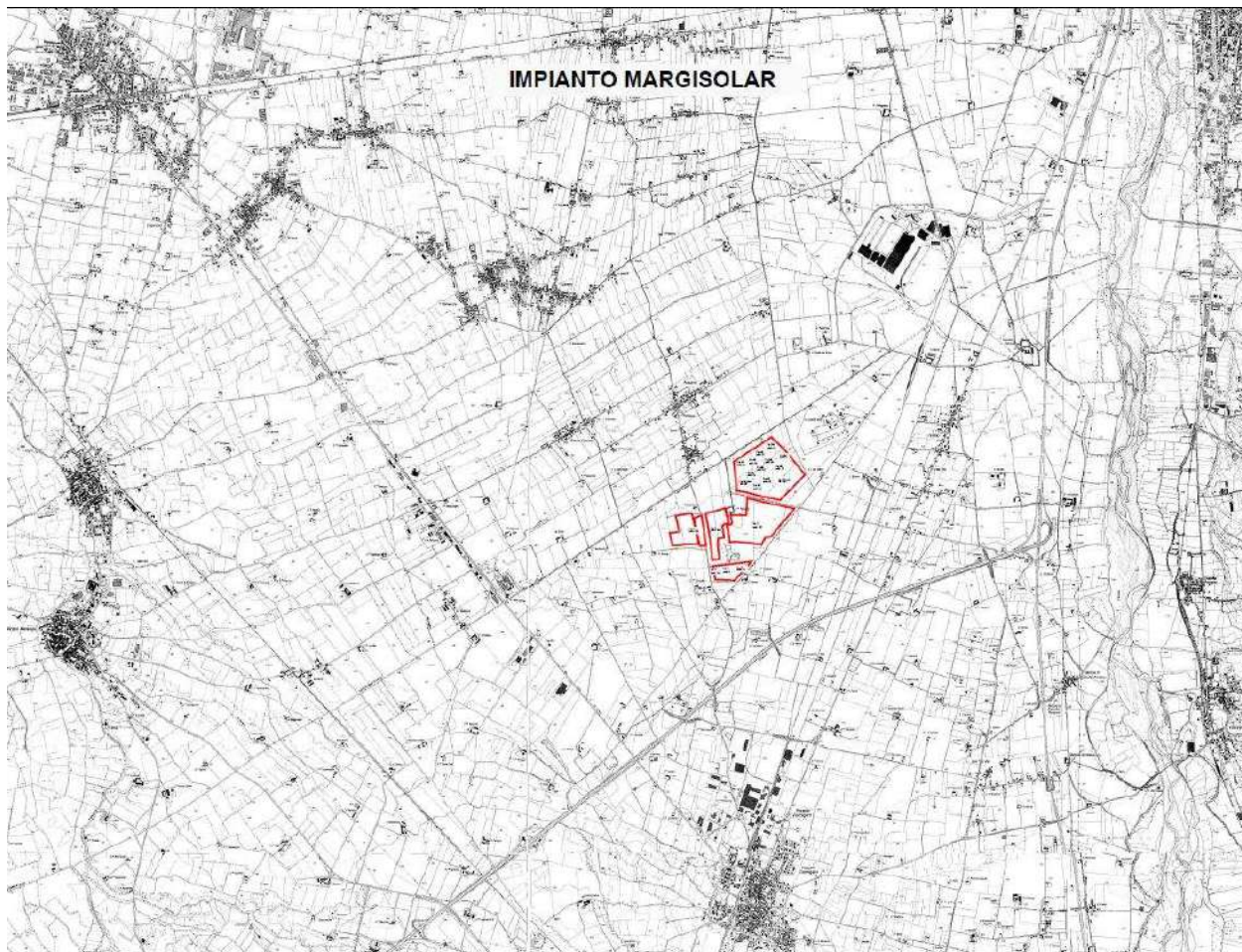
## 9.0. - CRITERI D'INTERVENTO E CONCLUSIONI

Dall'indagine geologica e geotecnica si possono ricavare le seguenti conclusioni:

- il terreno esaminato si presenta caratterizzato da litotipi alluvionali per spessori di diverse decine metri (35- 40 m)
- Il piano di fondazione è costituito da sedimenti a matrice limoso-sabbiosa con trovanti e ciottoli fino alla profondità di m 5 dal p.c. e ghiaioso sabbiosi oltre tale profondità.
- Per le proprietà geomeccaniche del terreno si rimanda al cap. 7
- Secondo la Deliberazione della Giunta Regionale 19 gennaio 2010, n. 11-13058 "Aggiornamento e adeguamento dell'elenco delle zone sismiche (O.P.C.M. n. 3274/2003 e 3519/2006)", il comune di Tortona viene classificato come zona sismica di categoria 3. Il sito appartiene alla seguente categoria di profilo stratigrafico del suolo di fondazione: B e alla categoria topografica T1.

Dall'analisi geologica e geotecnica eseguita e nel rispetto delle indicazioni espresse, è possibile concludere che i lotti di terreno oggetto di indagine presentano idoneità all'intervento in progetto sia dal punto di vista geologico, geotecnico e sismico ai sensi delle normative di riferimento vigenti.



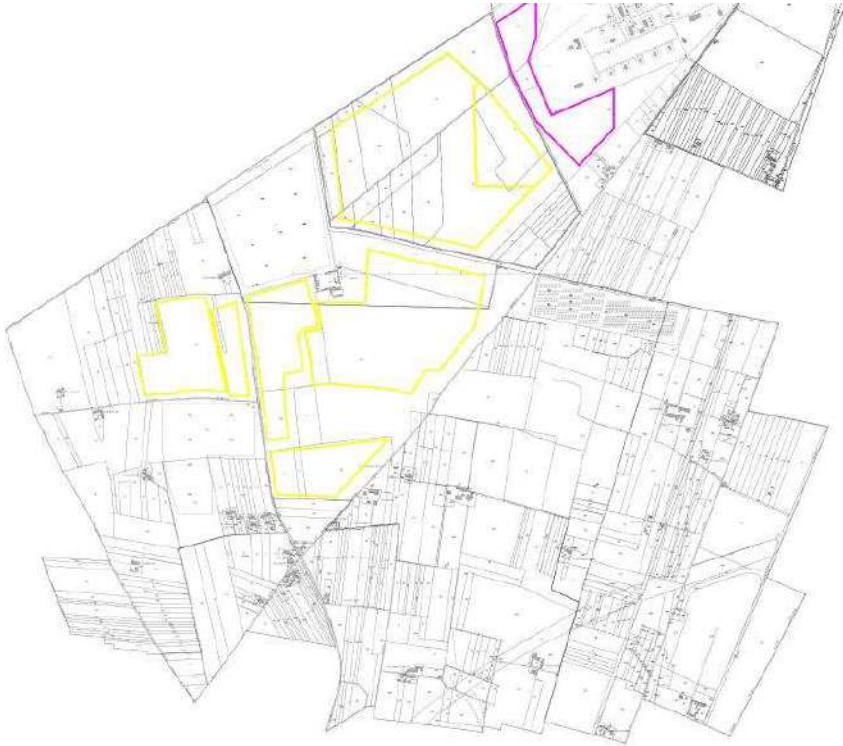


**CTR con aree di intervento**





**RIPRESA AEREA (in giallo le parti interessate)**



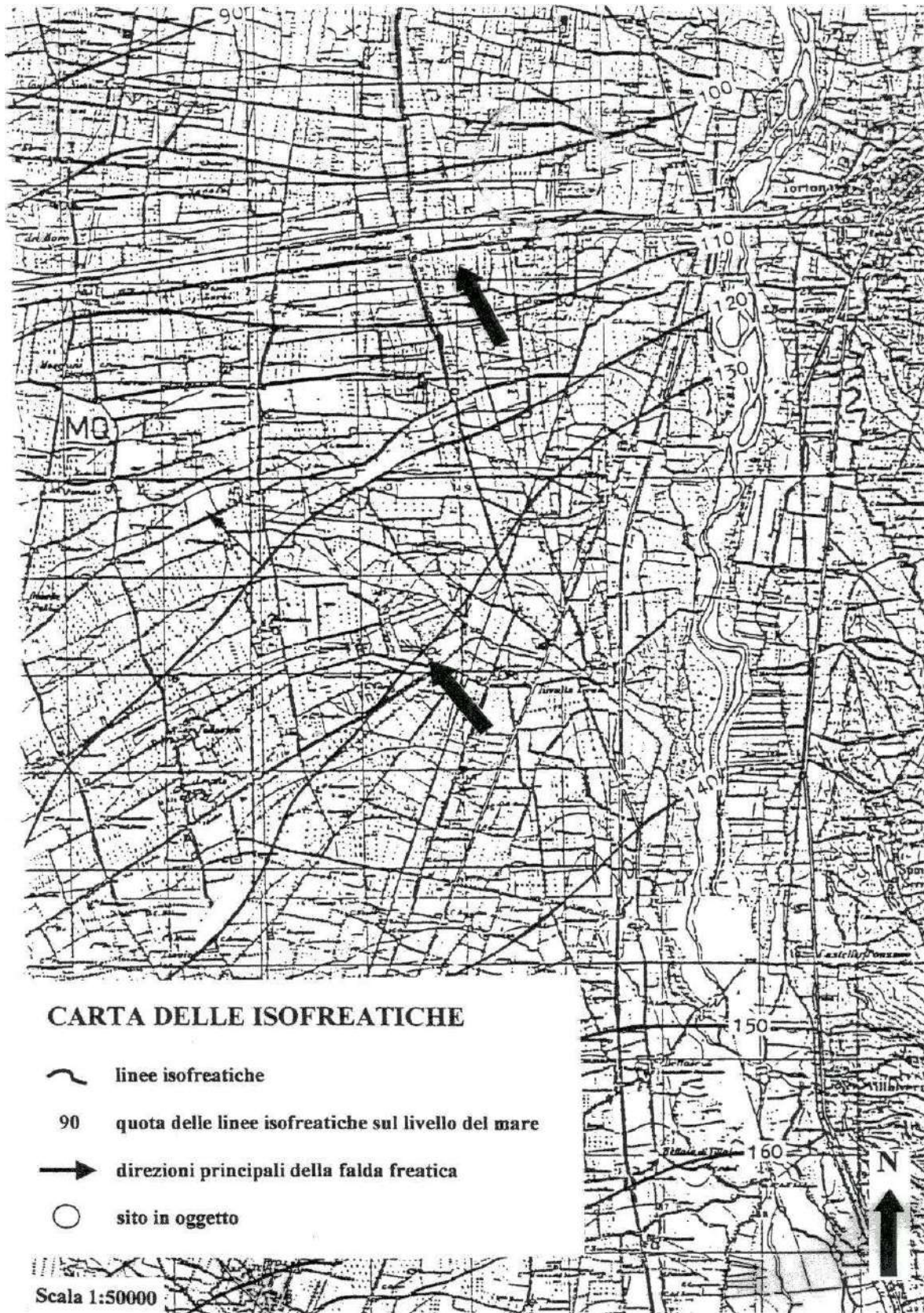
**Estratto di mappa (in giallo le parti interessate)**





ESTRATTO CARTA GEOLOGICA









Penetrometro utilizzato

## **PENETROMETRO MOD. TG 63-200 KN STATICO/DINAMICO CINGOLATO**

### **<Caratteristiche tecniche per prove dinamiche>**

Centratore inferiore Ø 52/32 mm  
Asta DPSH Ø 32x1000 mm, M22  
Nipplo per asta DPSH Ø 32x1000 mm, M22  
Punta a recupero da 20 cm<sup>2</sup>, ang. 90°, STD  
Testa di battuta per asta Ø 32 mm, M22  
Testa con asola per estraz. asta Ø 32/34 mm, M22  
Tubo di rivestimento Ø 48x1000 mm  
Tubo di rivestimento Ø 48x600 mm  
Nipplo per tubo di riv. Ø 48x1000 mm  
Testa di battuta per tubo di riv. Ø 48 mm  
Testa di estrazione per tubo di riv. Ø 48 mm  
Scarpa per tubo di rivest. asta Ø 32 mm  
Centratore inferiore Ø 52/36 mm



**SCAVI GEOGNOSTICI CASCINA PONZANA**



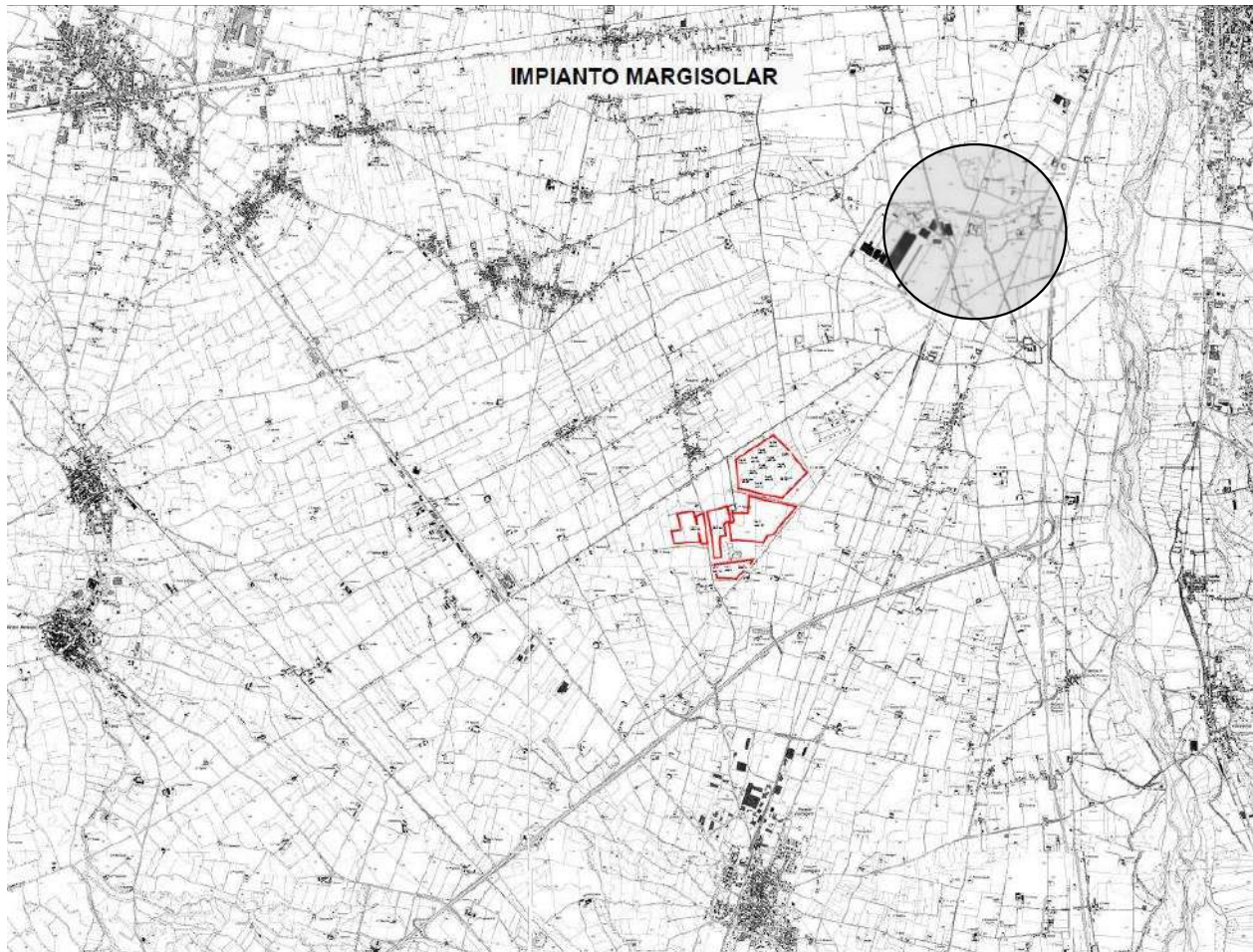


**SCAVI GEOGNOSTICI CASCINA BARONINA**

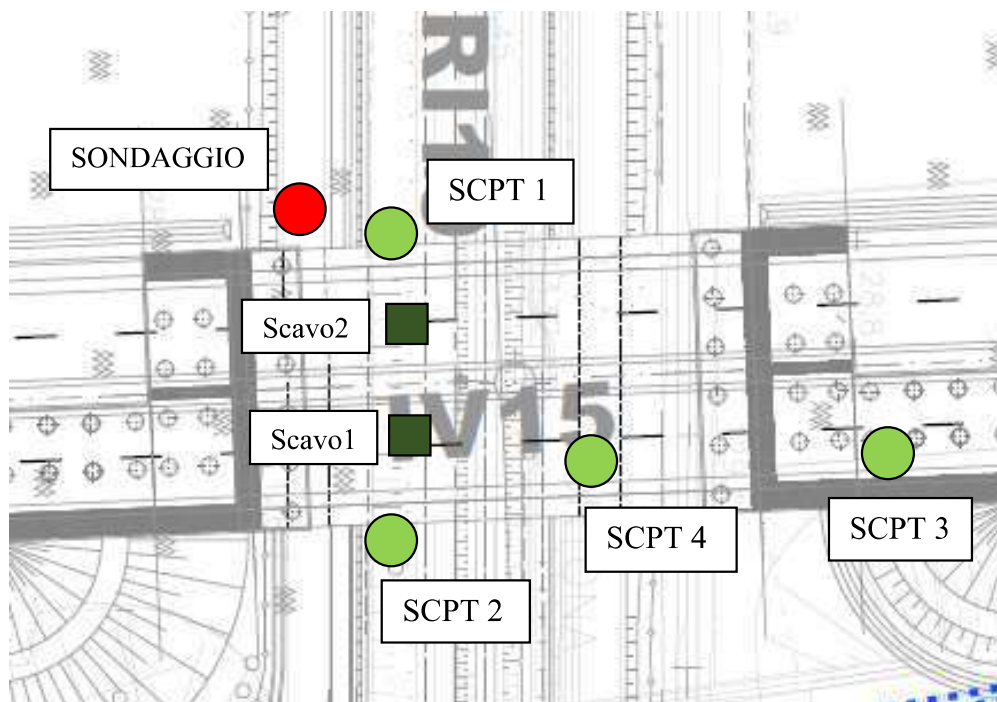


**SCAVI GEOGNOSTICI CASCINA BARONINA**





**ZONA INTERESSATA DALLE INDAGINI IN SITO UTILIZZA  
TE (Cascina Adella – Cavalcaferrovia)**



UBICAZIONI PROVE:

SONDAGGIO ●

SCAVI GEOGNOSTICI ■

PROVE PENETROMETRICHE ●





**Sondaggio in località Savonesa**





**Cassette con campioni carotati località Savonesa. (carotaggio continuo)**





SCPT 1



SCPT 2



SCPT 3



SCPT 4

## FASI DELLE INDAGINI PENETROMETRICHE





## SCAVI GEOGNOSTICI

