

15149A01

**A.G.A.M. ACQUA - GAS
AZIENDA MUNICIPALE
MONZA**

**PROGETTO ESECUTIVO PER UN
SERBATOIO DELL'ACQUA POTABILE
DA COLLOCARE IN
ZONA BIRONA - MONZA**

CISPEL LOMBARDIA SERVICES S.R.L.
Via Brembo, 27 - 20139 Milano
tel. 02/57308455-57308588

DISEGNO

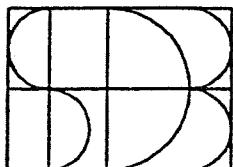
**RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA
INDAGINI GEOGNOSTICHE
(MAGGIO '93)**

DOTT. ING. ROBERTO DELL'ACQUA BELLAVITIS

Ordine degli Ingegneri di Alessandria

No 882

Estensore: Dott. Ing. ROBERTO DELL'ACQUA BELLAVITIS
Collaboratori: Dott. Ing. FABRIZIO MONFERINO
Dott. Arch. ALESSANDRO DESERTI



**S T U D I O
DELL'ACQUA
BELLAVITIS**

N° ELABORATO

A2a

SCALA

DATA

MAGG.'95

AGGIORNAMENTO

A.G.A.M.

ACQUA GAS AZIENDA MUNICIPALE MONZA

SERBATOIO DI VIA BIRONA

**RELAZIONE GEOLOGICO -TECNICA
INDAGINI GEOGNOSTICHE**

Dott. Geol. Lorella Tosonotti

Volpedo, maggio 1993

GeA S.r.L
Geologia e Ambiente
v.Cavour 13 Volpedo
Tel e Fax (0131) 806588

INDICE

pag. 2	1	- BIBLIOGRAFIA
pag. 3	2	- PREMESSA
pag. 3	3	- INQUADRAMENTO GEOLOGICO GEOMORFOLOGICO GENERALE
pag. 6	4	- IDROGEOLOGIA
pag. 7	5	- CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA
pag. 9	6	- FONDAZIONI
pag. 11	6.1	COEFFICIENTE DI SOTTOFONDO

ALLEGATI:

- A - Calcolo della capacità portante
- B - Planimetria delle indagini
- 1 - Carta di inquadramento geologico generale
- 2 - Sondaggi
- 3 - Granulometrie
- 4 - Prove di piastra
- 5 - Coefficiente di sottofondo (Winkler)
- 6 - SEV

1 - BIBLIOGRAFIA

- A.G.I. 1977 - *Raccomandazioni sulla Programmazione e sulla Esecuzione delle Indagini Geotecniche*
BOWLES 1992 - *Fondazioni*
CARTA GEOLOGICA D'ITALIA Foglio n. 45 Milano e Note Illustrative
CESTARI 1992 - *Prove Geotecniche in Sito*
CESTELLI - GUIDI C. 1987 - *Geotecnica e Tecnica delle Fondazioni*
DESIO 1988 - *Geologia d' Italia*

2 - PREMESSA

Nell'ambito della progettazione di un nuovo impianto di stoccaggio per l'acquedotto di Monza, da ubicarsi in via della Birona, è stato eseguito il presente studio geologico-geotecnico al fine di definire i caratteri geomorfologici dell'area interessata dall'intervento, la successione litostratigrafica locale ed i parametri geotecnici necessari ad una corretta progettazione dell'opera in parola.

L'area esaminata interessa principalmente la zona ad ovest - nord ovest del territorio comunale di Monza ed è interamente ubicata nella Tavoletta Monza del Foglio 45 della Carta d'Italia (Milano).

3 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO - GEOMORFOLOGICO GENERALE

A grande scala l'area interessata dallo studio risulta interamente costituita da depositi alluvionali quasi sempre delimitati da orli di terrazzi piuttosto netti e ben riconoscibili.

In particolare le alluvioni affioranti, come visibile nell'allegato 1 (Carta di inquadramento geologico generale scala 1:25.000) vengono così distinte:

- DILUVIUM MEDIO: è costituito da ghiaie sabbiose con strato di alterazione superficiale argilloso di colore ocraceo ("Ferretto"); quest'ultimo ha potenza fino a 200 - 250 cm;
- DILUVIUM RECENTE: è il livello principale della pianura, costituito da ghiaie sabbiose e sabbie con strato di alterazione superficiale brunastro che in genere non supera i 40 - 60 cm;
- ALLUVIUM ANTICO: si tratta delle alluvioni ghiaioso-sabbiose che si trovano a est e ad ovest del F. Lambro.

Le stratigrafie dei pozzi AGIP mostrano che queste alluvioni sono piuttosto potenti in tutta la pianura padana.

Diamo di seguito una descrizione più particolareggiata dei depositi alluvionali in parola, facendo riferimento anche agli studi compiuti dagli Autori che hanno precedentemente lavorato nella pianura a nord di Milano.

3 - 1 - DILUVIUM MEDIO

I terreni di tali alluvioni quaternarie affiorano in vari lembi della pianura a nord di Milano; le aree di affioramento hanno una forma allungata da nord verso sud: nella parte settentrionale si collegano alle maggiori cerchie moreniche esterne, mentre in quella meridionale si assottigliano fino a scomparire.

Morfologicamente sono caratterizzati da una superficie piuttosto piatta, lievemente pendente verso sud; la loro posizione altimetrica è intermedia tra quella dei terreni che costituiscono il Diluvium antico e quella del livello principale della pianura (Diluvium recente). Il limite superficiale tra questi diversi terreni è di solito costituito da una scarpata piuttosto ripida; in alcuni casi, come per quello del lembo di Diluvium Medio che arriva fino a Monza, tale limite è segnato da un piano inclinato appena percettibile.

La natura litologica dei terreni costituenti il Diluvium medio è essenzialmente ghiaiosa con ciottoli inclusi in una matrice sabbioso - argillosa. Da notare che la presenza di argilla è in genere di natura secondaria, probabilmente trasportata in profondità dalle acque di percolazione. Lo strato superficiale di questi terreni è infatti costituito da una coltre limoso - argillosa (loess), di spessore attorno al metro, in contatto talora brusco con le sottostanti ghiaie.

Di forma arrotondata e di dimensioni varie ma generalmente inferiori ai 10 cm, i ciottoli costituenti le ghiaie derivano prevalentemente da rocce cristalline: graniti, dioriti, porfidi quarziferi, porfiriti, gneiss micacei, quarziti; più raramente da filladi e micascisti, del tutto occasionalmente da calcari.

Nella zona di Albiate - Monza i depositi del Diluvium medio si immergono sotto quelli del livello principale della pianura (Diluvium recente).

La potenza segnalata di questi depositi è piuttosto varia: indicativamente nella zona di Macherio si sono ritrovati in perforazione fino a 37 m di profondità, in contatto con il "Ceppo".

3 - 2 DILUVIUM RECENTE

Queste alluvioni costituiscono, come già detto, il livello principale della pianura ed affiorano per la maggior parte dell'area in esame, con una morfologia superficiale pianeggiante uniforme che si mantiene di solito a quota decisamente inferiore a quella dei depositi del Diluvium medio.

Lo strato superiore di alterazione, avente spessore variabile da 25 a 70 cm circa, è quasi sempre rimaneggiato dall'intervento antropico (scavi di vario genere, irrigazione); al di sotto di questo strato, non sempre presente, il tipo litologico prevalente nella zona esaminata è costituito da ghiaie sabbiose.

I ciottoli costituenti queste ghiaie, di forma arrotondata o ovaleggiante, hanno per la maggior parte origine da rocce intrusive (graniti, granodioriti, dioriti), più raramente da rocce effusive o calcaree.

Tali ciottoli si trovano immersi in una matrice sabbiosa, spesso con presenza di limi e argille di provenienza secondaria (acque di dilavamento, irrigazione).

La potenza di questi depositi sembra piuttosto variabile: dai 35 - 40 metri del sottosuolo di Milano e verso Sesto S. Giovanni, ai 35 - 48 metri della zona di Brugherio, fino ai 44 - 60 metri verso Seregno. In altre zone il contatto con il "Ceppo" si è invece rinvenuto a profondità decisamente più basse.

Va segnalato infine che nel Diluvium recente sono stati spesso rinvenuti resti di mammiferi fossili a testimonianza di un passato climatico freddo.

3 - 3 - ALLUVIUM ANTICO

Si tratta di depositi che non presentano alterazione superficiale e si sviluppano lungo i principali fiumi con sistemi di terrazzi a varie altezze.

Queste alluvioni sono costituite da ghiaie e ghiaie sabbiose con clasti derivanti per la maggior parte da rocce sedimentarie: calcari, calcari marnosi, dolomie ed arenarie.

4 - IDROGEOLOGIA

Come noto nella pianura della zona che a larga scala stiamo esaminando, le acque superficiali danno luogo ad una fitta rete di fiumi, canali, rogge; nell'area più in dettaglio oggetto di studio il corso d'acqua principale è il fiume Lambro.

Anche il sottosuolo della zona in parola è ricchissimo di acque, e falde acquifere, in gran parte oggetto di sfruttamento, sono state rinvenute a differenti profondità.

Nella zona di Monza la prima falda si trova generalmente oltre i 40 metri di profondità. Va comunque fatto notare che il notevole emungimento a cui sono sottoposte le falde, soprattutto nei grandi centri urbani e nei loro dintorni, ne ha abbassato sensibilmente il livello.

Più in dettaglio, nell'area di pertinenza del progetto, le prove di campagna eseguite, in particolare i due sondaggi a carotaggio continuo e i S.E.V. (sondaggi elettrici verticali) non hanno mai rivelato la presenza di acqua fino alle profondità investigate, ossia fino a 30 m circa di profondità dal piano campagna, in accordo con quanto detto sopra.

5 - CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

- Premesse

I parametri geologici che si assumono ai fini delle soluzioni progettuali da proporre e del dimensionamento delle opere di fondazione sono stati desunti dai risultati delle prove dirette, delle determinazioni in sito (SPT , P.P.) e dalle analisi di laboratorio.

Di seguito vengono illustrate le proprietà più significative dei terreni in causa

- Depositi alluvionali

- a) materiali limoso-sabbiosi e argilloso limosi talora sabbiosi a comportamento prevalentemente coerente:

Si tratta di lenti e strati di ridotto spessore.

Quasi sempre contengono concentrazione variabilissime di elementi detritici, di varia natura, con

granulometrie comprese tra le ghiaie e le sabbie fini.

Il materiale a) costituisce una minima parte dei terreni indagati e si trova generalmente nelle parti

alte dei sondaggi si rinvengono generalmente intercalati in strati sottili nel materiale b)

I valori riscontrati dalle prove in sito sono compresi fra i seguenti intervalli

$$5 < \text{NSPT} < 16$$

da cui può desumersi una coesione non drenata di $0.4 \text{ kg/cm}^2 < C_u < 1.2 \text{ kg/cm}^2$

i parametri di resistenza consolidati - drenati sono di

$$14^\circ < \Phi < 18^\circ$$

$$0.1 \text{ kg/cm}^2 < C' < 0.18 \text{ kg/cm}^2$$

- b) Materiali sabbioso - limosi con ghiaie a comportamento prevalentemente incoerente

Sono materiali estremamente variabili per composizione granulometrica, consistenza e

colorazione propria.

Non hanno granulometria omogenea, la composizione granulometrica varia dal ghiaietto fino al limo

Si rinvencono ciottoli di dimensioni centimetriche con rari trovanti di dimensioni maggiori.

Taluni passaggi risultano cementati con un aumento della frazione limoso-sabbiosa

Le prove in situ hanno dato valori di

$$10 < \text{NSPT} < 30$$

da cui può desumersi un angolo di attrito interno

$$27^\circ < \Phi < 35^\circ$$

- c) Materiali ghiaioso sabbiosi

Costituiscono in genere la parte profonda della zona indagata, la granulometria è variabile da sabbie fini a ghiaie grosse con ciottoli e trovanti decimetrici.

Si tratta della maggior parte dei terreni indagati.

I valori ottenuti sul terreno sono

$$21 < \text{NSPT} < 67$$

Sono stati misurati in vari casi Rifiuto alla penetrazione; i valori dell'angolo di attrito dedotti sono

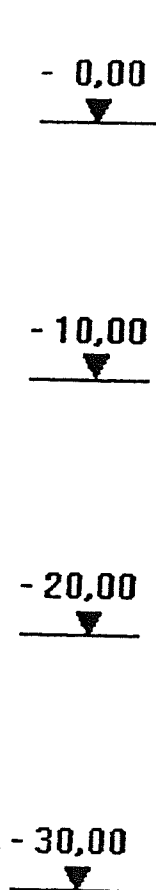
$$33^\circ < \Phi < 45^\circ$$

- **SEZIONE GEOTECNICA**

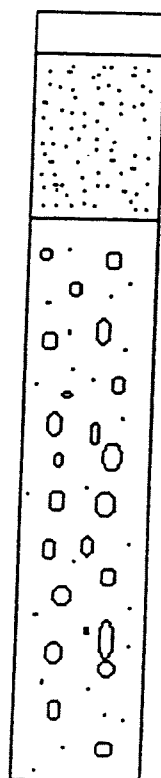
- Di seguito si dà la sezione stratigrafica media della zona in oggetto con riportati i parametri

geotecnici utilizzati per le verifiche di stabilità

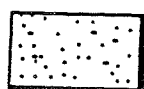
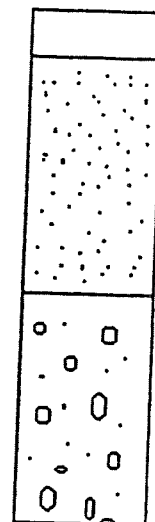
Da m. 0.00 a m.2.00 Riporto



S1



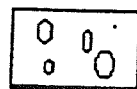
S2



Materiale prevalente
Sabboso



Riporto



Materiale prevalentemente
ghiaioso

Da m. 2.00 a m. 10.00 Sabbie e limi con ghiaie debolmente argillose

$$\gamma = 1.8 \text{ t/m}^2$$

$$\phi = 27^\circ$$

$$c = 0$$

$$Cu = 0$$

Da m. 10.00 a m. 30.00 Ghiaie e sabbie con limi

$$\gamma = 1.9 \text{ t/m}^2$$

$$\phi = 35^\circ$$

$$c = 0$$

$$Cu = 0$$

6 - FONDAZIONI

- Generalità

La capacità portante delle fondazioni superficiali viene valutata secondo il metodo di Terzaghi riportato in appendice A ; si prende per ora in esame il calcolo della fondazione superficiale di un manufatto di dimensioni rettangolari $B \times L = \text{m. } 12.00 \times \text{m. } 20.00$ con la base approfondita a

m. - 4.00 dal piano campagna. Da tale calcolo si possono escludere interazioni negative con il fabbricato nelle vicinanze (stabile I.A.C.P.) . Resta tuttavia da valutare il comportamento del piano di scarpata rivolto verso la linea F.F.S.S. Milano Chiasso.

Le caratteristiche geomeccaniche del terreno di posa in esame, come riassunte nella sezione geotecnica, sono :

$$\gamma = 1.8 \text{ t/m}^2$$

$$\phi = 25^\circ$$

$$c = 0$$

La capacità portante della fondazione rettangolare si valuta generalmente secondo la seguente formula :

$$q_{ult} = \gamma_{riporto} D N_q + (1 - 0.2 B / L) \gamma b/2 N_\gamma$$

$$q_{amm} = q_{ult} / F_s$$

$$q_{ult} = 1.5 \times 4 \times 13 + 0.94 \times 1.8 \times 6 \times 10 = 179.52 \text{ t/m}^2$$

$$q_{amm} = 179.52 / 4 = 44.88 \text{ t/m}^2$$

Da tale calcolo per tenere in considerazione la mancanza di un sovraccarico generalizzato sull'area di fondazione per la prossimità della trincea della linea F.F.S.S. e della zona dei garages del fabbricato I.A.C.P. (si veda a riguardo la planimetria), leviamo dal calcolo, a favore di sicurezza , il contributo fornito dal terreno in cui si incastra la fondazione considerando l'incastro $D = 0$.

Per quanto sopraesposto il carico ultimo diviene

$$q_{ult} = 0.94 \times 1.8 \times 6 \times 10 = 101.52 \text{ t/m}^2$$

$$q_{amm} = 101.52 / 4 = 25.38 \text{ t/m}^2 = 2.53 \text{ kg/cm}^2$$

- Prove di carico su piastra

- Pozzetti esplorativi

Nell' ambito della zona indagata sono stati realizzati 3 pozzetti esplorativi a varia profondità (m. 0.5, m.1 , m.1.5). In tali pozzetti sono state eseguite delle prove di carico su piastra secondo la normativa svizzera per la determinazione del Modulo Elastico statico dei terreni di fondazione.

Si è provveduto a prelevare campioni di materiale da utilizzare per le classificazioni tramite analisi di laboratorio. I risultati delle prove sono contenuti nell' allegato 2

- Analisi di laboratorio
 - I campioni prelevati sono stati sottoposti alle analisi di laboratorio per la determinazione di:
 - Composizione granulometrica
 - Limiti di Attenberg
 - . Limite di Liquidità L.L.
 - . Limite di plasticità L.P.
 - Classe di appartenenza CNR - UNI 10006
- Nella tabella I sono riportati i dati ottenuti

Tabella I

Pozzetto n.	L.L. %	I.P. %	Gruppo UNI 10006 del terreno
1	18.80	0	A 2 - 4
2	21.20	0	A 2 -
4			
3	15.50	0	A 2 - 4

- Prove di piastra P.P.

Le prove sono state eseguite con piastra di diametro 300 mm. con incrementi di carico di 0.5 kg/cm² fino a 3.5 kg/cm², il Modulo è stato calcolato nell' intervallo di carico compreso tra i valori di 2.0 kg/cm² e 2.5 Kg/cm². Di seguito si danno i valori dei moduli elastici calcolati all'interno dei pozzetti con indicato la profondità del piano di prova e la classificazione del materiale:

Tabella II

Pozzetto di misura n.	Profondità m.	Modulo Elastico Kg/cm ²	Classificazione del terreno UNI 10006
1	1.00	209,30	A 2 - 4
2	1.40	241,28	A 2 - 4
3	1.80	270,27	A 2 - 4

6.1 Coefficiente di sottofondo (o di Wincier)

Nell' allegato 5 sono contenuti i risultati del calcolo di tutti i valori ottenuti del Coefficiente di sottofondo. I valori ottenuti con i due metodi di calcolo differiscono non

di poco. questa sostanziale diversità è dovuta principalmente alle diverse quote a cui sono state eseguite le prove da cui sono tratti i dati utilizzati per il calcolo.

Infatti le prove di piastra Pc 1, 2 e 3, sono approfondite al massimo a m. 1,80 che dai dati ottenuti dalle stratigrafie, risulta essere appena al di sotto dello strato di riporto, costituito da materiali granulari ma poco compattati;

I valori ottenuti per correlazione dagli SPT, mostrano valori ancora bassi < di 5 kg/cm³ per le

basse profondità (SPT 1 del sondaggio 1 , SPT 1 e 2 del sondaggio 2), per poi alzarsi a valori

superiori a 20 Kg/cm³ dai 10 m di profondità .

Questo comportamento concorda con lo schema di un terreno prevalentemente incoerente non immerso in falda normalconsolidato che presenta un aumento della densità con l'aumentare della profondità.

I valori bassi misurati con il metodo a) NAVFAC (spiegato nell'allegato), sono anche imputabili

ad una scarsa compattazione del fondo scavo alla fine della prova per cui la misurazione del cedimento può essere stata falsata da una ricompressione ai valori originari di densità. Bisogna comunque sottolineare che i valori ottenuti sono normalmente indicati in letteratura per un terreno incoerente poco consolidato (si veda Cestelli-Guidi)

Valori di progetto

Ai fini progettuali per il dimensionamento delle opere di fondazione è senz'altro corretto utilizzare

i valori del coefficiente ottenuti dalle prove SPT per le profondità interessate dalle fondazioni, che nel caso in esame sono di circa 4,5 kg/cm³

Dott. Geol. Lorella Tosonotti

n. ONG 6730

n. ORG Piemonte 172

L. Tosonotti

ALLEGATO A

CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE

METODO DI CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE DI FONDAZIONI SUPERFICIALI

La capacità portante si determina facendo riferimento alla formula classica di Terzaghi, valida per fondazioni nastriformi:

$$q_d = c N_c + q_0 N_q + 1/2 \times \gamma \times B \times N_\gamma$$

con:

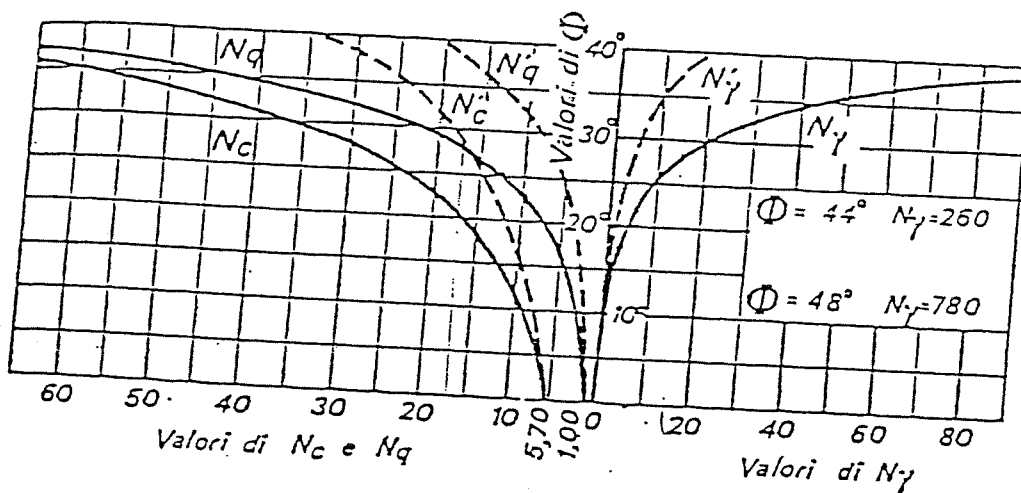
c = coesione

$q_0 = \gamma \times D$ = Sovraccarico dovuto all'incastro

γ = Peso del volume del terreno

D = profondità di incastro dal piano campagna

N_c N_q N_γ = Coefficienti adimensionali in funzione dell'angolo di attrito del terreno ricavati dalla figura seguente



ALLEGATO B
PLANIMETRIA DELLE INDAGINI

PLANIMETRIA INDAGINI GEOGNOSTICHE

(scala 1 : 1.000)

LEGENDA



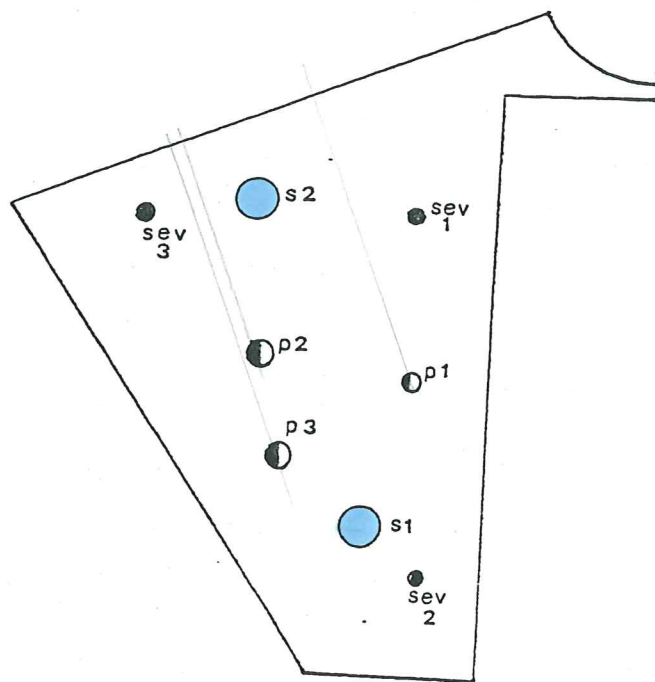
Sondaggi geognostici



Prove di plastra



SEV



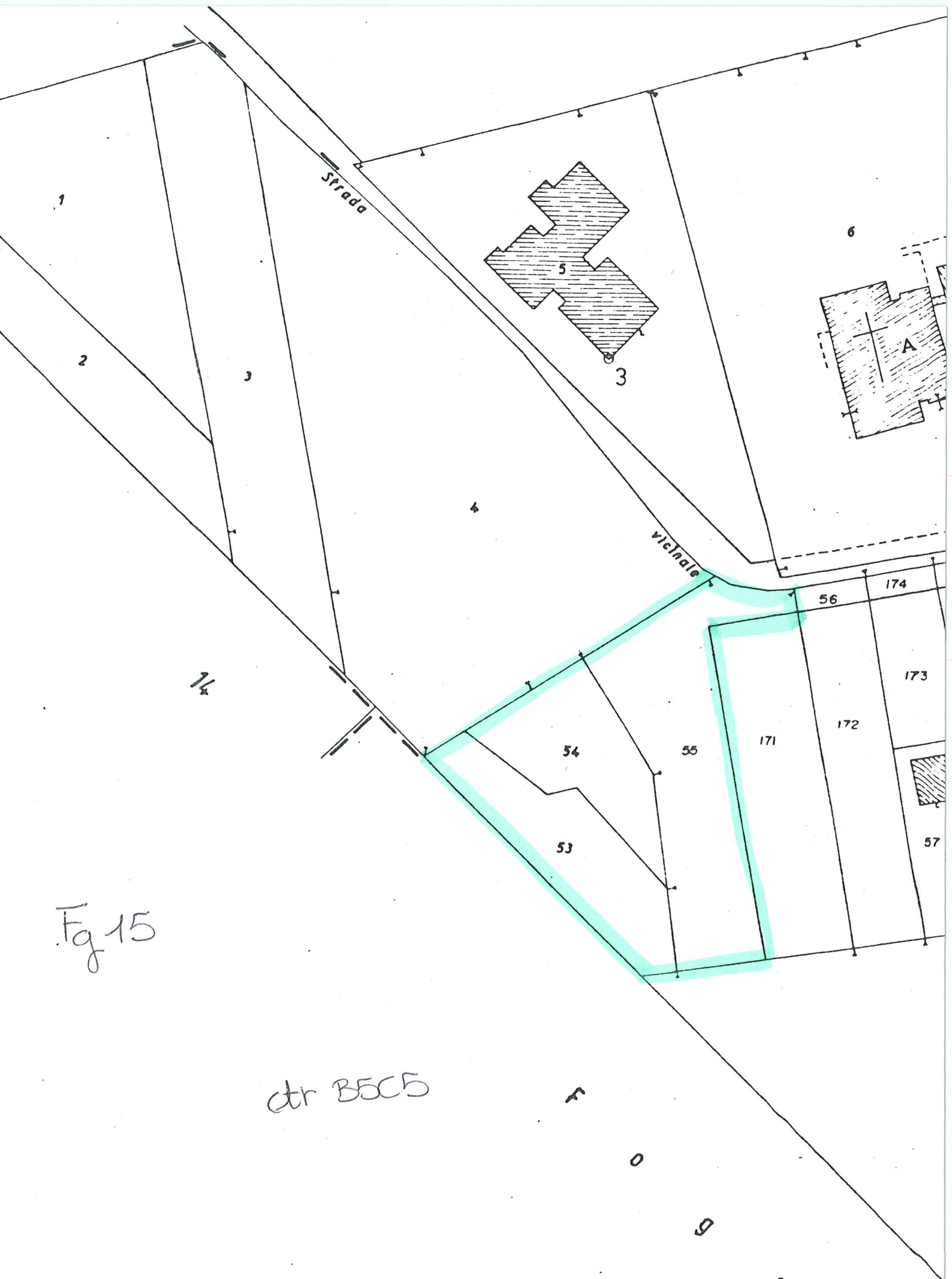
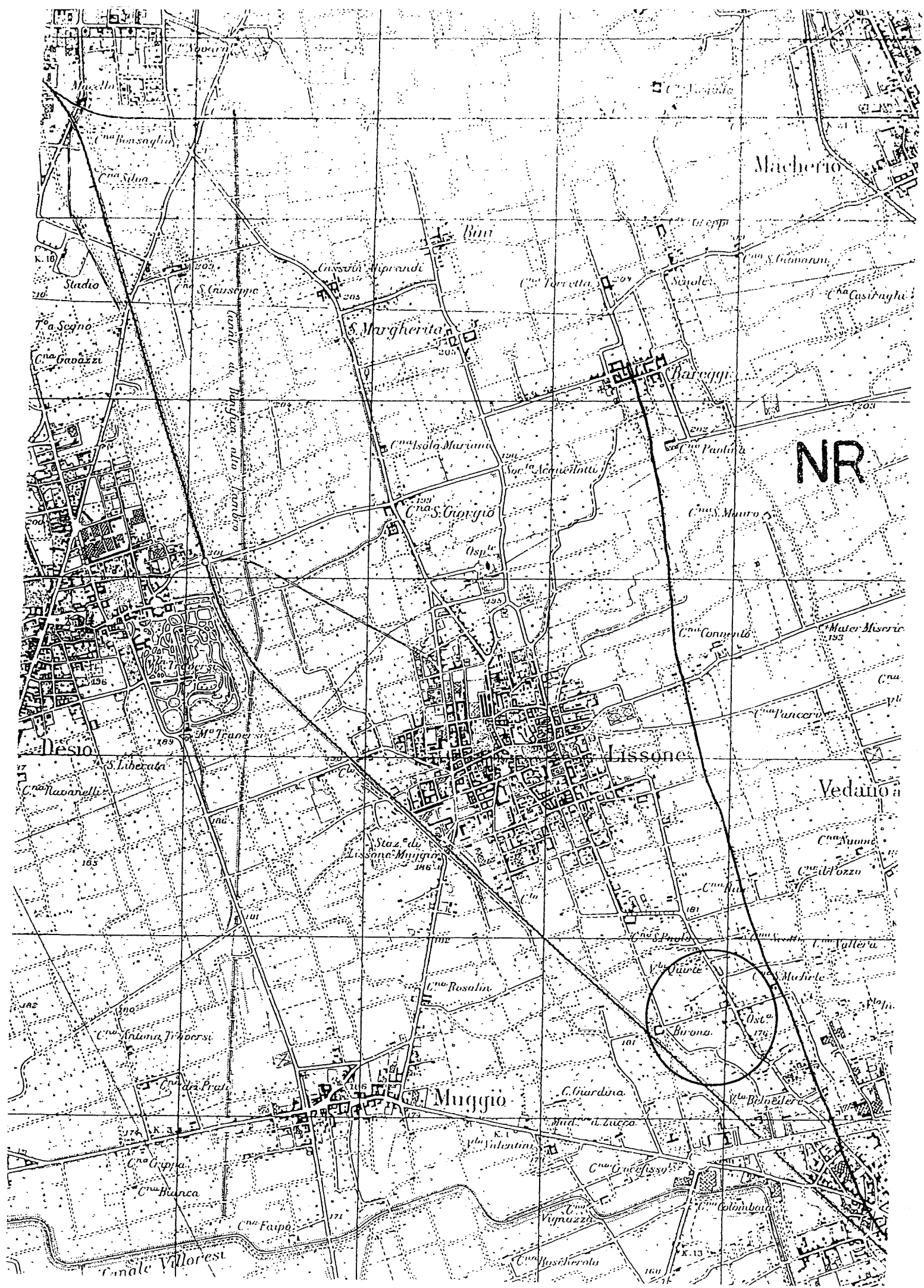


Fig 15

ctr B5C5

ALLEGATO 1

CARTA DI INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE



ALLEGATO 1

CARTA DI INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

(scala 1 : 25.000)

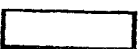
LEGENDA



Zona di ubicazione dell' impianto in progetto



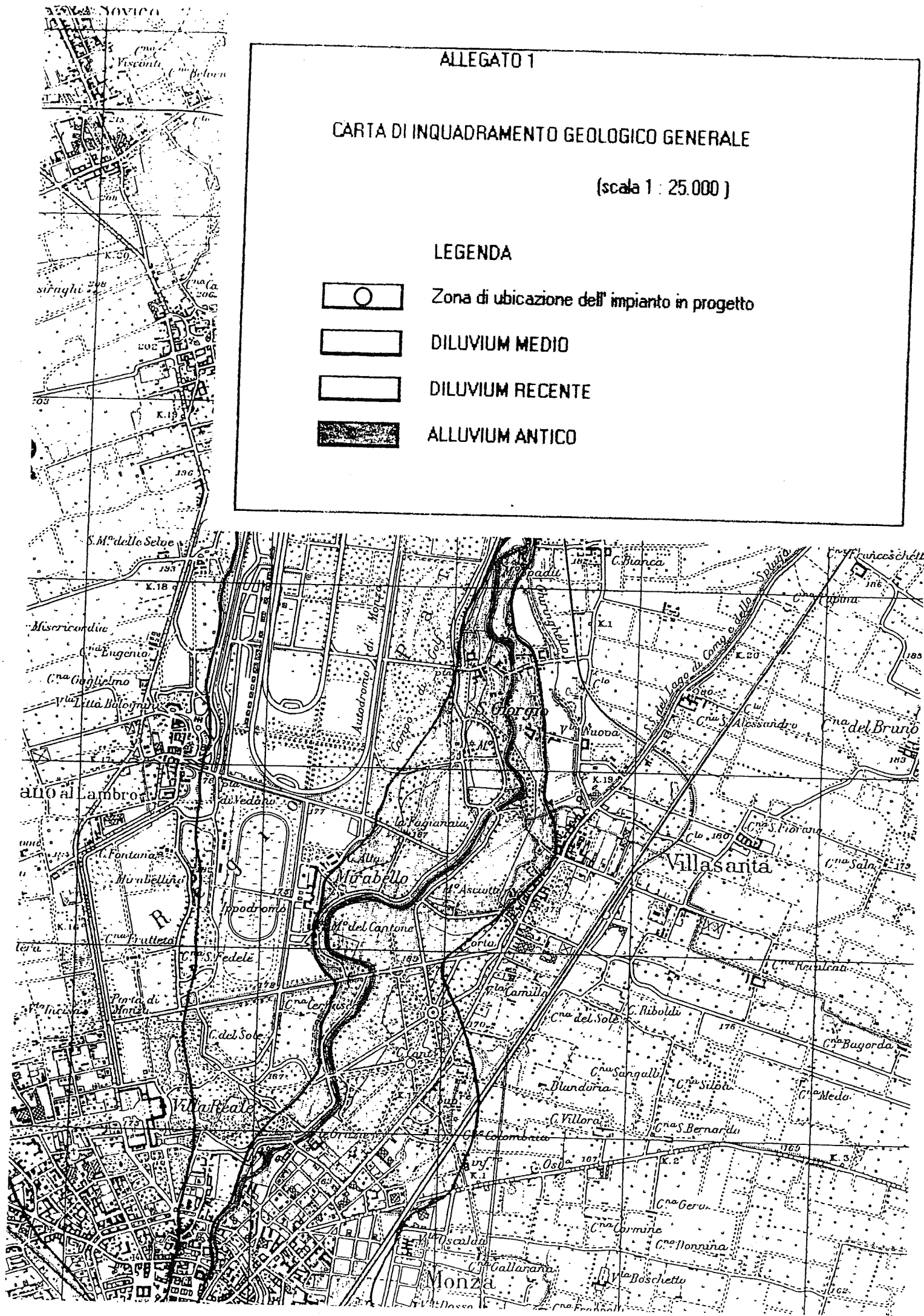
DILUVIUM MEDIO



DILUVIUM RECENTE



ALLUVIUM ANTICO



ALLEGATO 2

SONDAGGI

SB5C597309135

COMMITTENTE <i>CISPEL</i>						<i>Impianto AGAM di via Birone</i>		FOGLIO 1 di 3	
LOCALITA' <i>Monza</i>			SONDAGGIO <i>n 1</i>			QUOTA <i>p.c.</i>			
Prof.	Stratigrafia	% cr	RQD	Camp. recup.	LITOLOGIA	P. F.	SPT	Piezometro	
						P.	C.		
0,00					Riporto di materiali				
1,60									
2,30					Limo sabbia con argilla marrone rossiccia				
3,30				C1	Ghiaia e sabbia in matrice limosa color ocra con rare lenti di argilla grigia				
4,20				C2	Sabbia e limo rossastro con ghiaie e ciottoli				
5,00				C3	Sabbia e ghiaia con ciottoli debolmente cementati		5,00	5	
5,80					Sabbia grigio ocra debolmente cementata		10	8	
6,30					Sabbia e ghiaia con ciottoli, cementata				
7,60					Sabbia e ghiaia con ciottoli debolmente cementati, presenza di livelli di limo rossastro				
8,00					Limo e sabbia grigio nocciola				
11,40				C4	Ghiaia e sabbia con matrice limoso-sabbiosa		9,00	18	
				C5			21	21	
12,30					Ghiaia e sabbia grigia				
13,00					Sabbia e ghiaia grigio nocciola con lenti di limo				
					Sabbia grigia grossa in apparenza monogranulare		13,00	16	
							19	23	
15,00									
Data	Prof. foro	Prof.		Rivestimento	Livello acqua				
14.4.93	14,50	13,00							
G&A Geologia e Ambiente						Note			
v. Cavour 13 Volpedo (AL) T. e FAX (0131)906588									

SB5C597309135

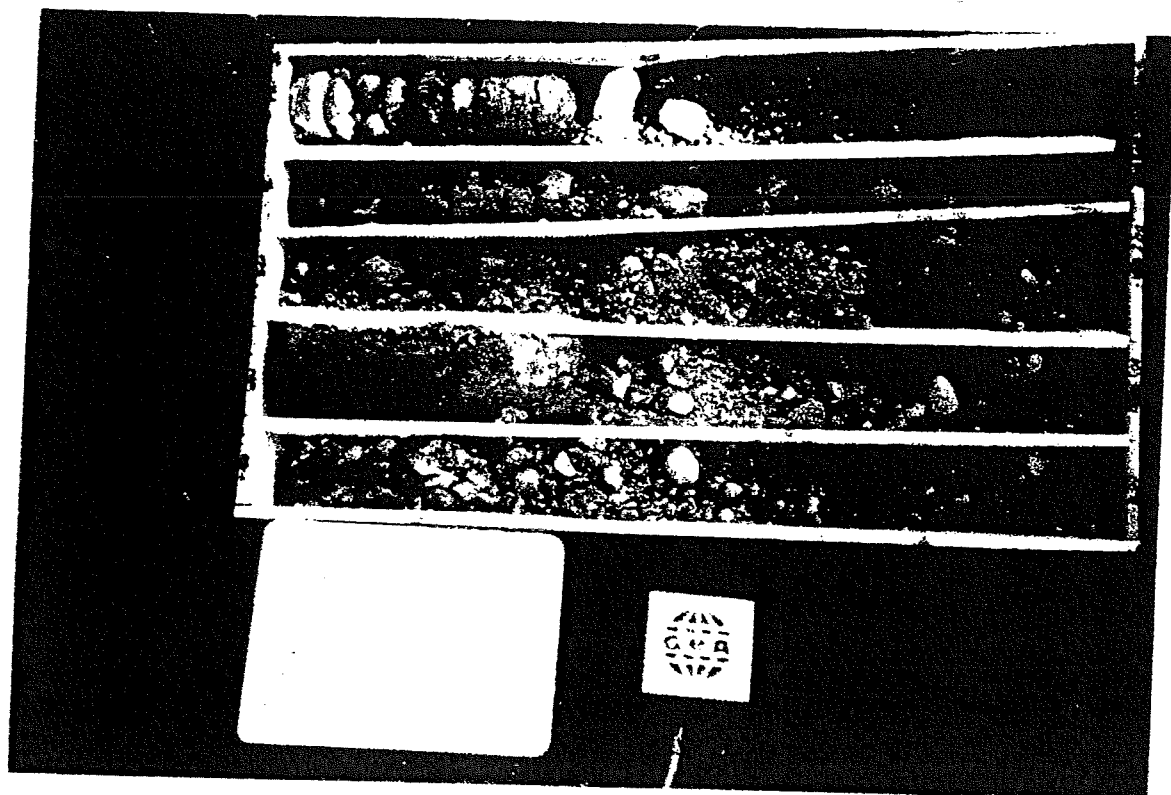
COMMITTENTE <i>CISPEL</i>					<i>Impianto AGAM di via Birona</i>		FOGLIO 2 di 3		
LOCALITA <i>Monza</i>					SONDAGGIO <i>n 1</i>		QUOTA <i>p.c.</i>		
Prof.	Stratigrafia	% cr	RQD	Camp. recup.	LITOLOGIA	P. F.	SPT		Piezometro
							P.	C.	
15,50				C6	Sabbia grigia grossa				
				C7	Sabbia con limo debolmente argillosa di colore marrone e ciottoli		17,00	52	R
18,50									
				C8	Sabbia con limo grigio ocra e ghiaia e ciottoli		21,00	56	R
23,00									
					Sabbia grigia debolmente limosa e ghiaiosa				
24,20									
				C9	Sabbia e ghiaia in matrice limosa debolmente cementata		25,00	48	R
28,00									
				C10	Sabbia e ghiaia		29,00	55	R
30,00									
Data	Prof. foro	Prof.		Rivestimento	Livello acqua ±				
14.4.93	30,00	13,00							
GeA Geologia e Ambiente					Note				
v. Cavour 13 Volpedo (AL) T. e FAX (0131)806588									

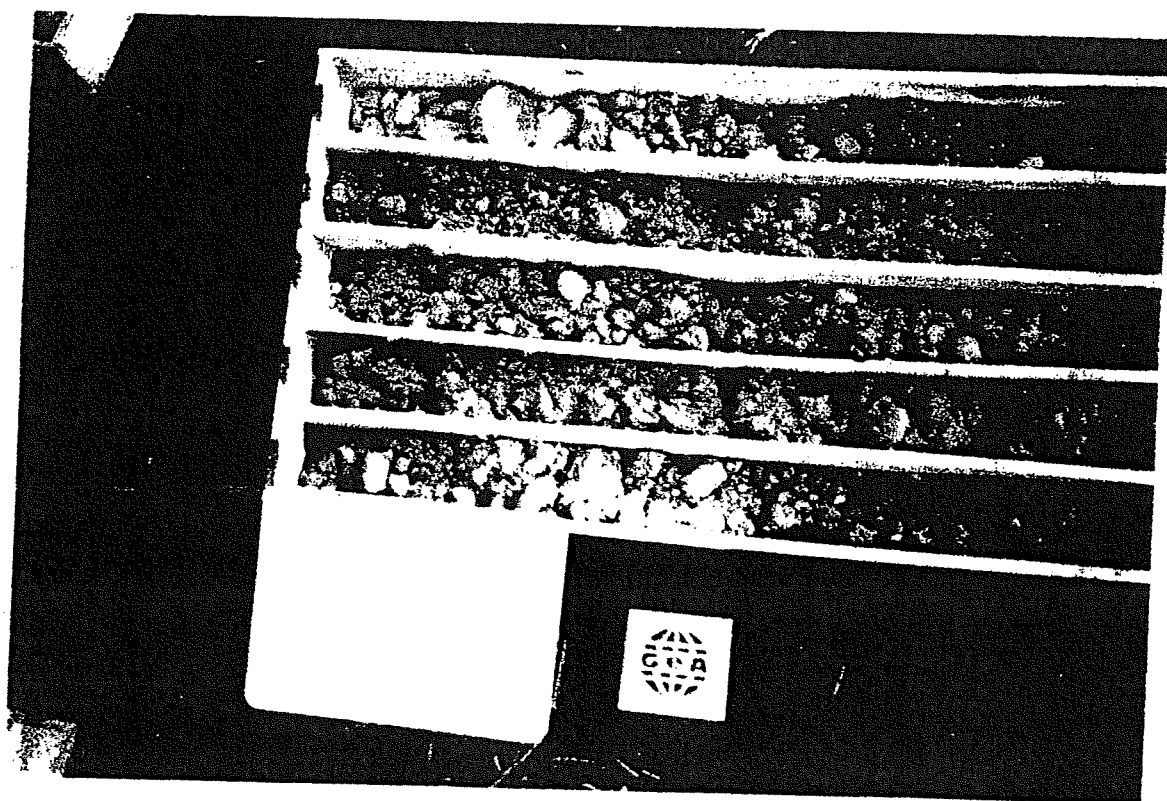
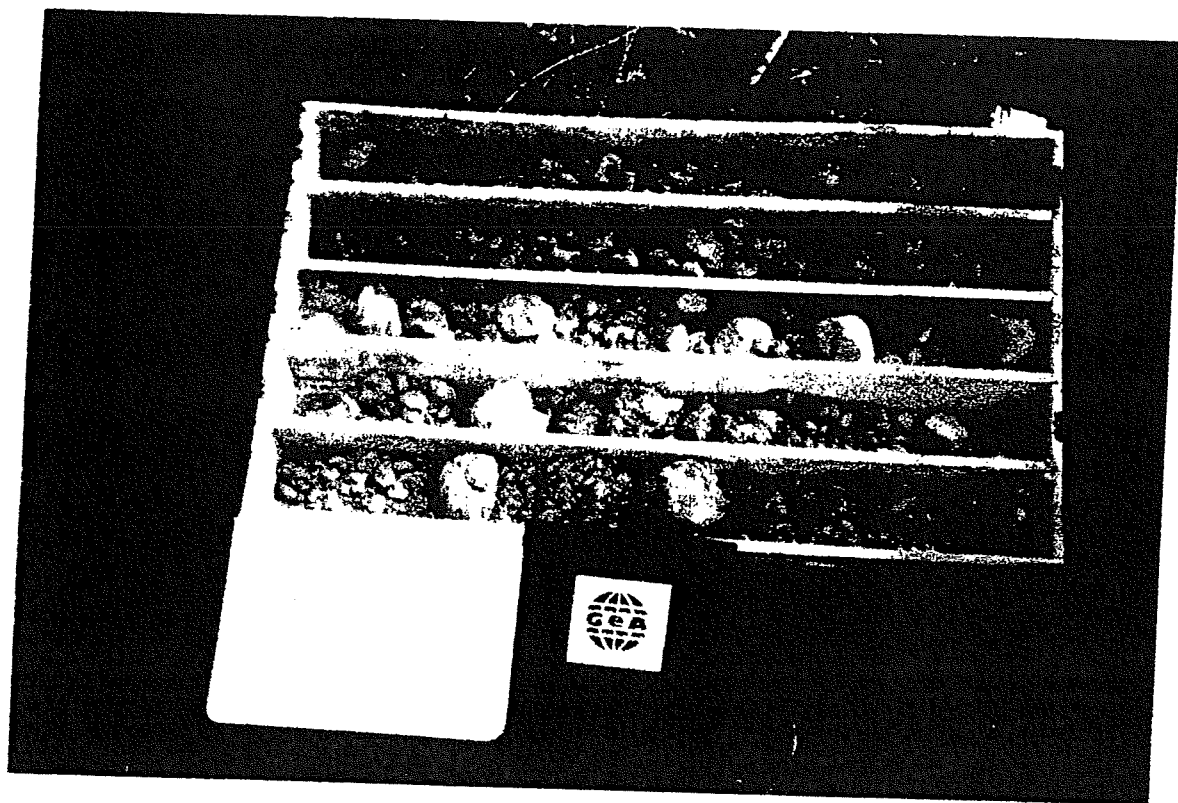
[illegible]

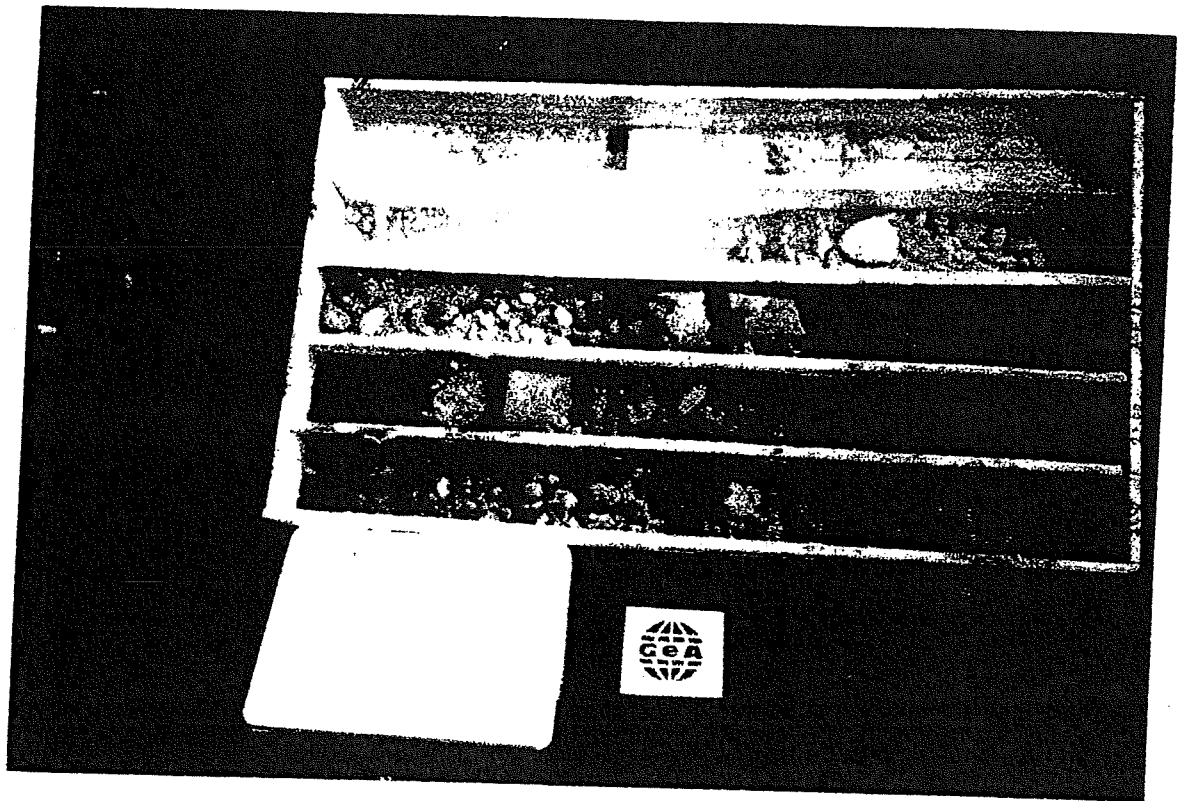
5B5C597149171

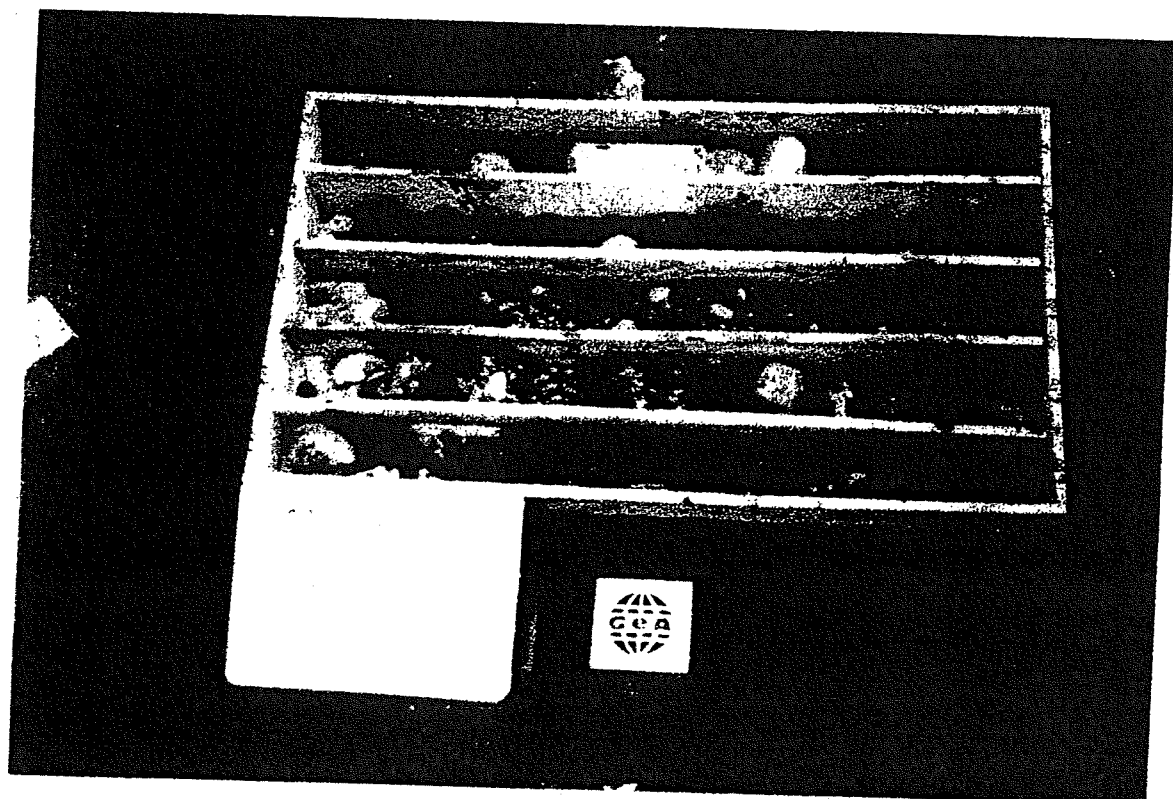
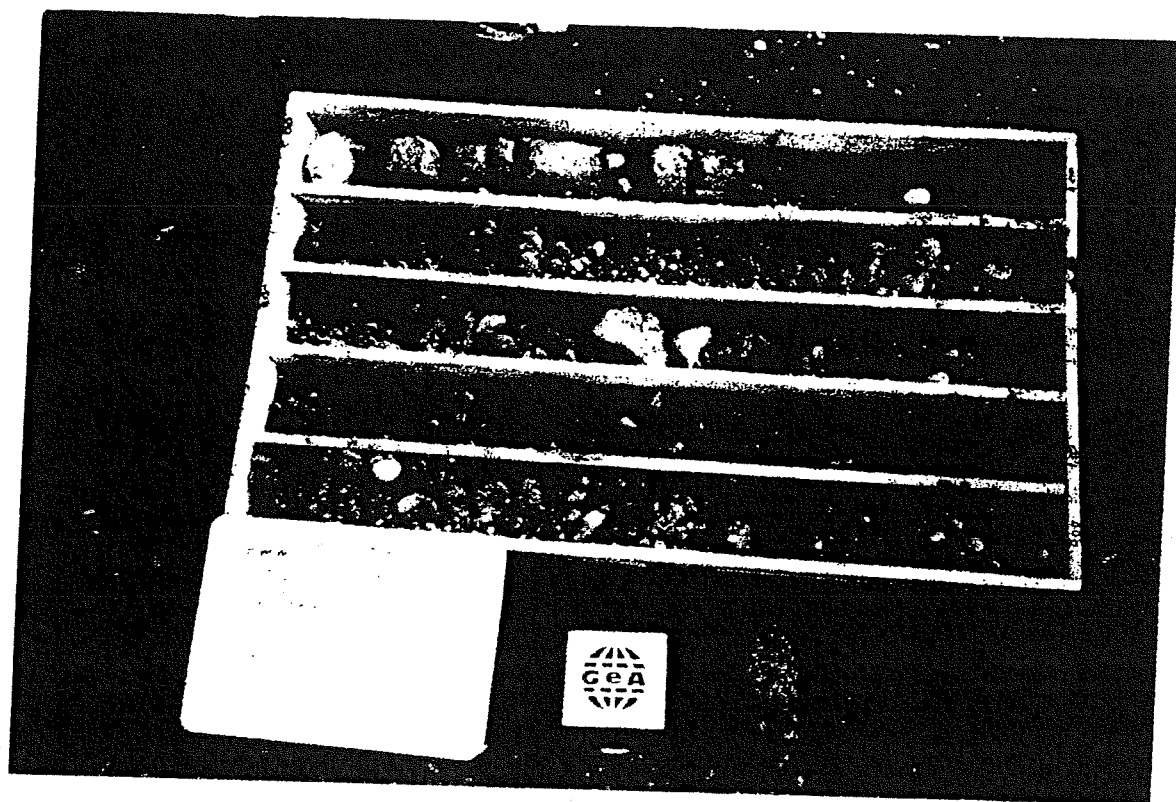
COMMITTENTE <i>CISPEL</i>					Impianto <i>AGAM di via Birona</i>		FOGLIO <i>4</i> di 2		
LOCALITA <i>Monza</i>					SONDAGGIO <i>n 2</i>		QUOTA <i>p.c.</i>		
Prof.	Stratigrafia	% cr	RQD	Camp. recup.	LITOLOGIA	P. F.	SPT P.	C.	Piezometro
0,00					Riporto				
1,80									
3,60				C11	Ghiaia con sabbie e limo Scarsi trovanti di dimensioni decimetriche				
5,90				C12	Limo sabbioso con presenza di livelli consolidati		4,00	8	6 11
11,80				C13	Sabbia con ghiaia debolmente limosa con presenza di lenti di argilla di colore rossastro a volte consolidate		10,00	11 13	7
13,10					Sabbia con ghiaia debolmente limosa rossastra e ciottoli				
13,40					Trovante di dimensioni superiori ai 40 cm				
					Ghiaia con ciottoli e sabbia, con livelli limosi e argillosi				
Data	Prof. foro	Prof.		Rivestimento	Livello acqua				
15.4.93	12,00			12,00					
16.4.93	15,00			12,00					
GeA Geologia e Ambiente v. Cavour 13 Volpato (AL) T. e FAX (0131)806588					Note				

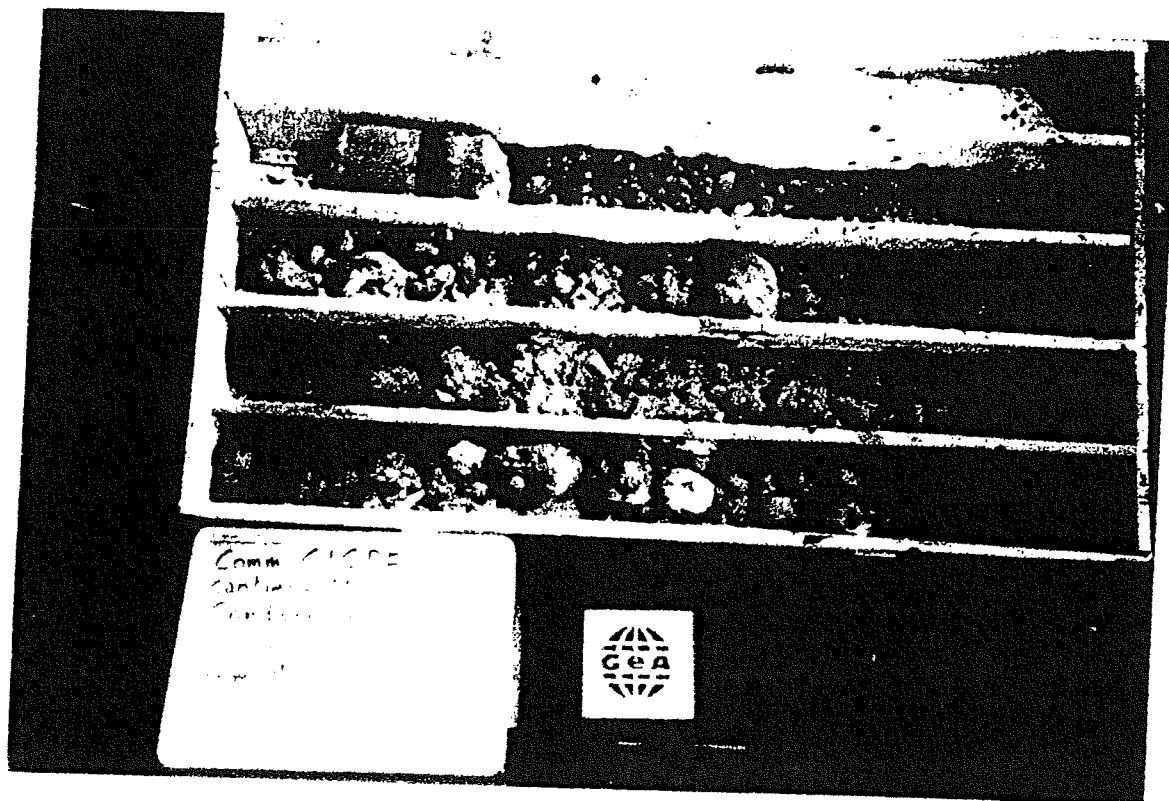
[illegible]











Comm. GEA
Cath. GEA
Cath. GEA
Cath. GEA



ALLEGATO 3

GRANULOMETRIE

585c597309135

PROGETTO: CISPEL - AGAM MONZA

Cantiere v. Birona

SONDAGGIO I 1 CAMPIONE n. C1 PROFONDITA I 2.80

Peso campione gr. 1456 Umidità %

Setaccio astm N.	Apertura mm	Trattenuto gr.	Trattenuto %	Passante %
	75			
	60			
	45			
	30	400	27.49	72.51
	25			
	20	462	31.74	68.26
	15			
	10	609	41.86	58.14
	7.5	629	43.22	56.78
	4.75	989	67.95	32.05
40	0.425	1090	74.88	25.12
80	0.177	1420	97.55	2.45
200	0.075			

D10 =

D30 =

D60 =

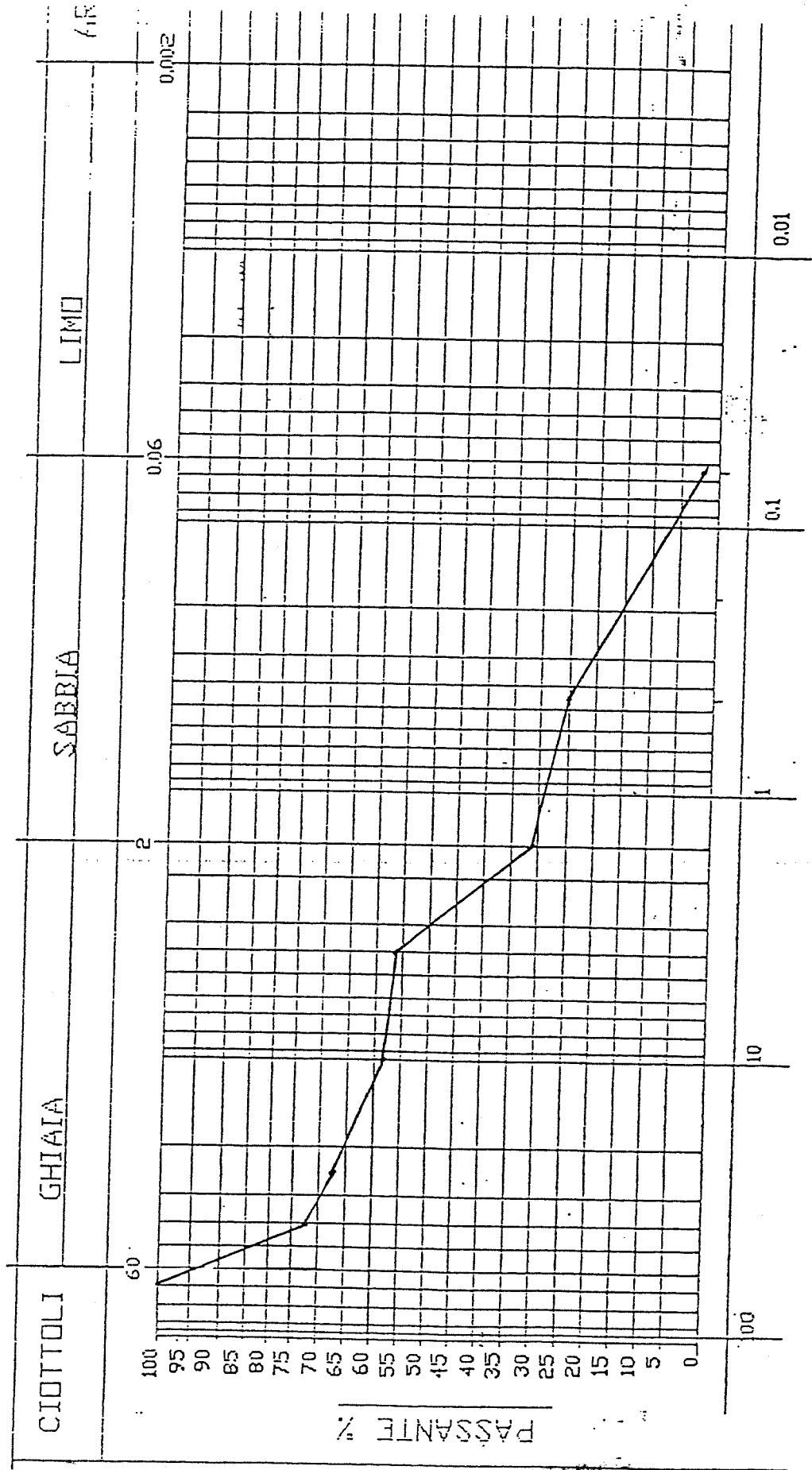
Cu =

GeA Srl Geologia e Ambiente v. Cavour 13 volpede (NO) Telefono e fax (0131) 806588

ANALISI GRANULOMETRICA -INDAGINE SONDAGGIO 1

PROF. 28

N.º 1



PROGETTO: _____

SONDAGGIO I

1

CAMPIONE n.

C2

PROFONDITA I

3,70

Peso campione gr.

1568

Umidità %

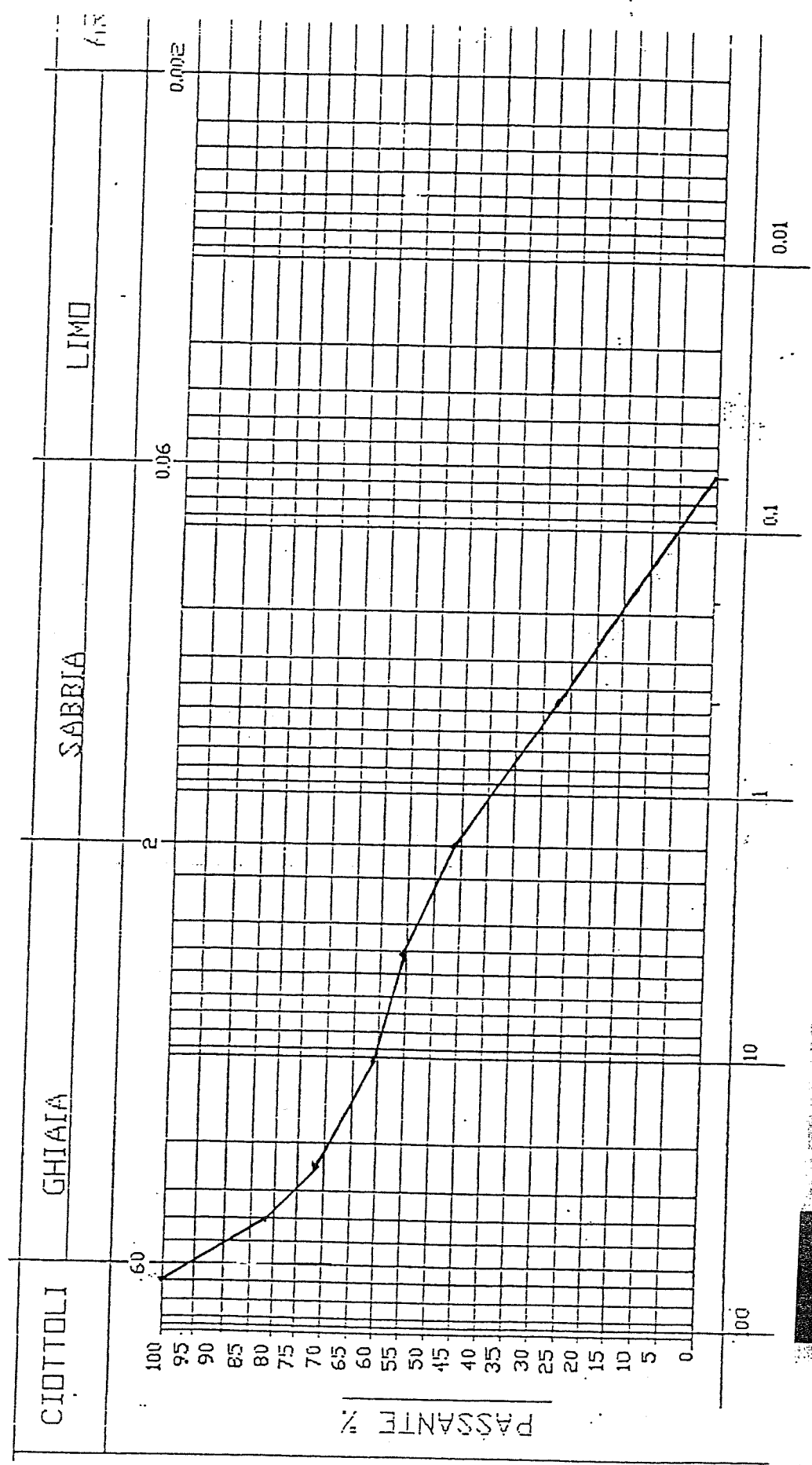
Setaccio astm N.	Apertura mm	Trattenuto gr.	Trattenuto %	Passante %
	75	0	0	100,00
	50			
	40	274	17,48	82,52
	30			
	25	431	27,46	72,54
	15			
	10	598	38,16	61,84
	5	694	44,26	55,74
10	2	825	52,64	47,36
40	0,42	1136	72,46	27,54
80	0,177			
200	0,075	1557	99,3	0,70

GeA Srl Geologia e Ambiente v. Cavour 13 volpedo (MI) Telefono e fax (0131) 806588

ANALISI GRANULOMETRICA INDAGINE SONDAGGIO 1

PROF. 37

N. c. 2



PROGETTO: CISPEL - AGAM MONZA

cantiere v. Birona

SONDAGGIO 1 : 1 CAMPIONE n. C4 PROFONDITA' 8.20

Peso campione gr. 1205 Umidità %

Setaccio ASTM n.	Apertura mm	Trattenuto gr.	Trattenuto %	Passante %
	100			
	75	0	0	100,00
	50			
	40	0	0	100,00
	30			
	25	0	0	100,00
	15			
	10	102	8,44	91,56
	5	182	15,09	84,91
	2	316	26,26	73,74
40	0,42	722	59,95	40,05
80	0,177			
200	0,075	946	78,5	21,50

D10 =

D30 =

D60 =

Cu =

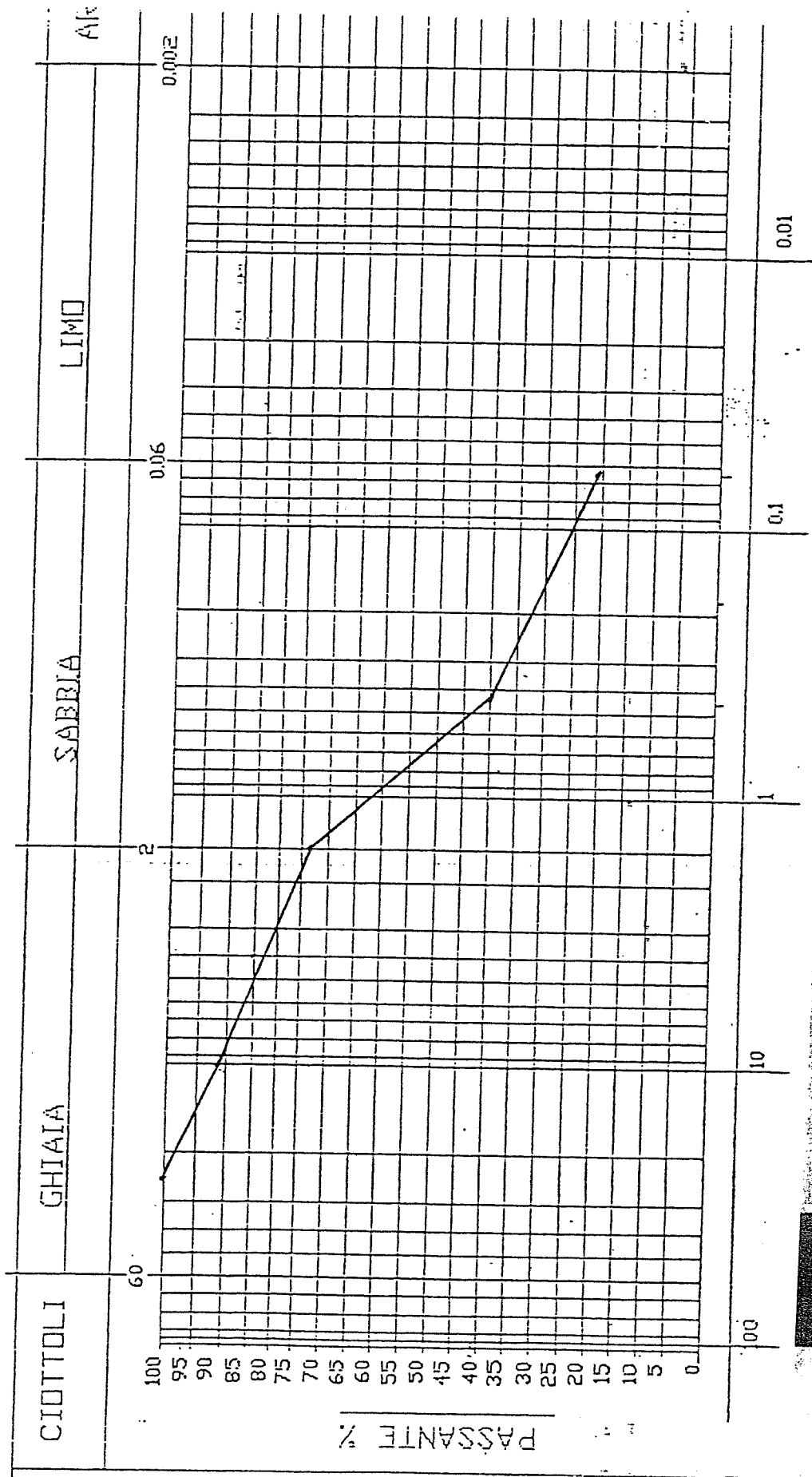
GeA Srl Geologia e Ambiente v. Cavour 13 volpede (MI) Telefono e fax (0181) 806588

ANALISI GRANULOMETRICA INDAGINE

SONDAGGIO 1

PROF. 8,2

N. c. 4



PROGETTO :

SONDAGGIO I 1 CAMPIONE n. C5 PROFONDITA m 15,00

Peso campione gr. 2082 Umidità %

Setaccio ASTM n.	Apertura mm	Trattenuto gr.	Trattenuto %	Passante %	
	100				D10 = 0,075
	75	0	0	100,00	D30 =
	50				D60 = 30
	40	511	24,54	75,46	Cu = 405
	30				
	25	785	37,69	62,31	
	15				
	10	1417	68,06	31,94	
	5	1567	75,26	24,74	
	2	1658	79,63	20,37	
40	0,42	1781	85,54	14,46	
80	0,177				
200	0,075	1864	89,53	10,47	

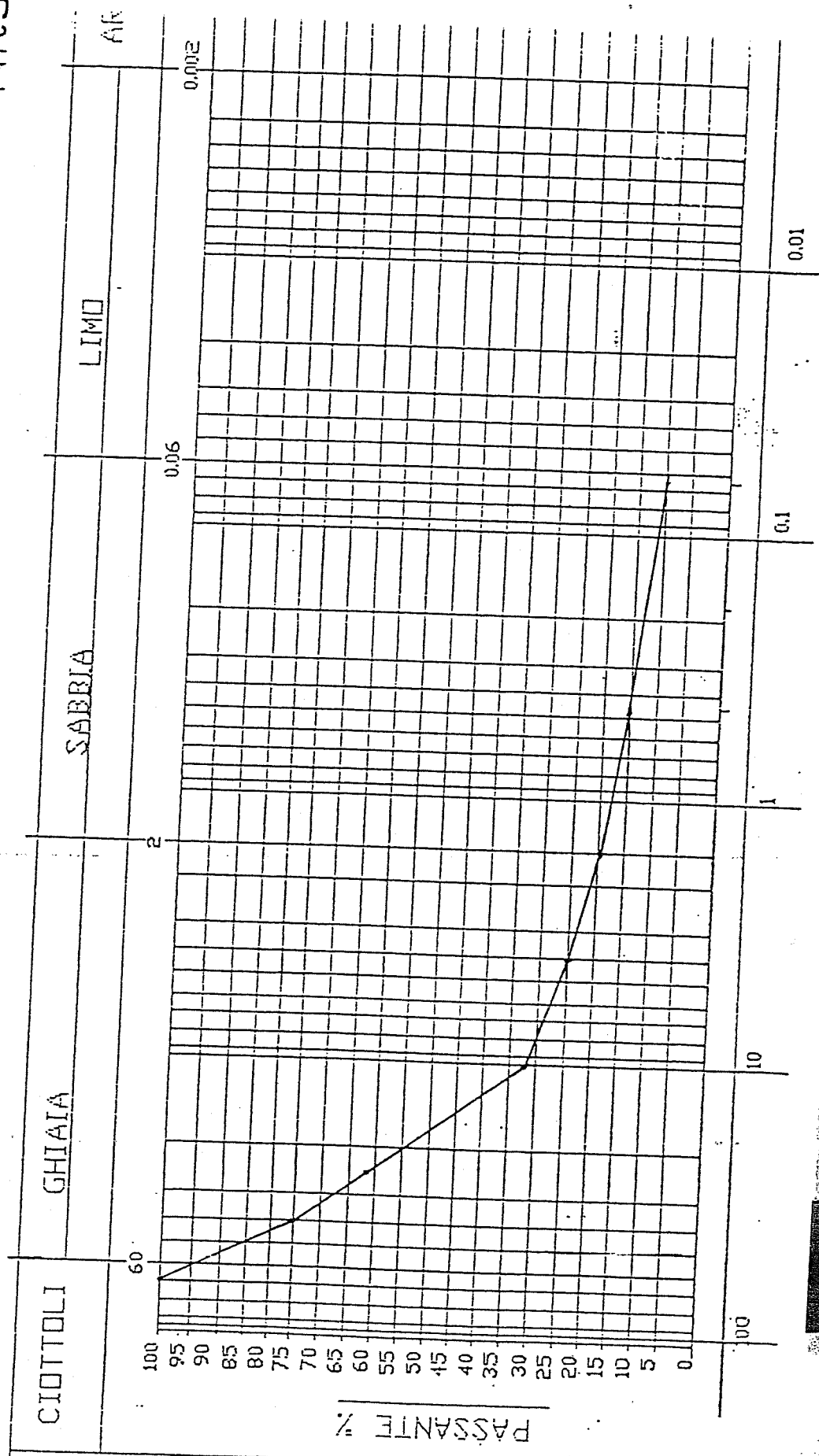
GeA Srl Geologia e Ambiente v. Cavour 13 volpede (MI) Telefono e fax (0131) 806588

ANALISI GRANULOMETRICA INDAGINE

SONDAGGIO 1

PROF. 15

N. c5



PROGETTO: _____

SONDAGGIO: 1 CAMPIONE n. C6 PROFONDITA m 15,00

Peso campione gr. 453 Umidità %

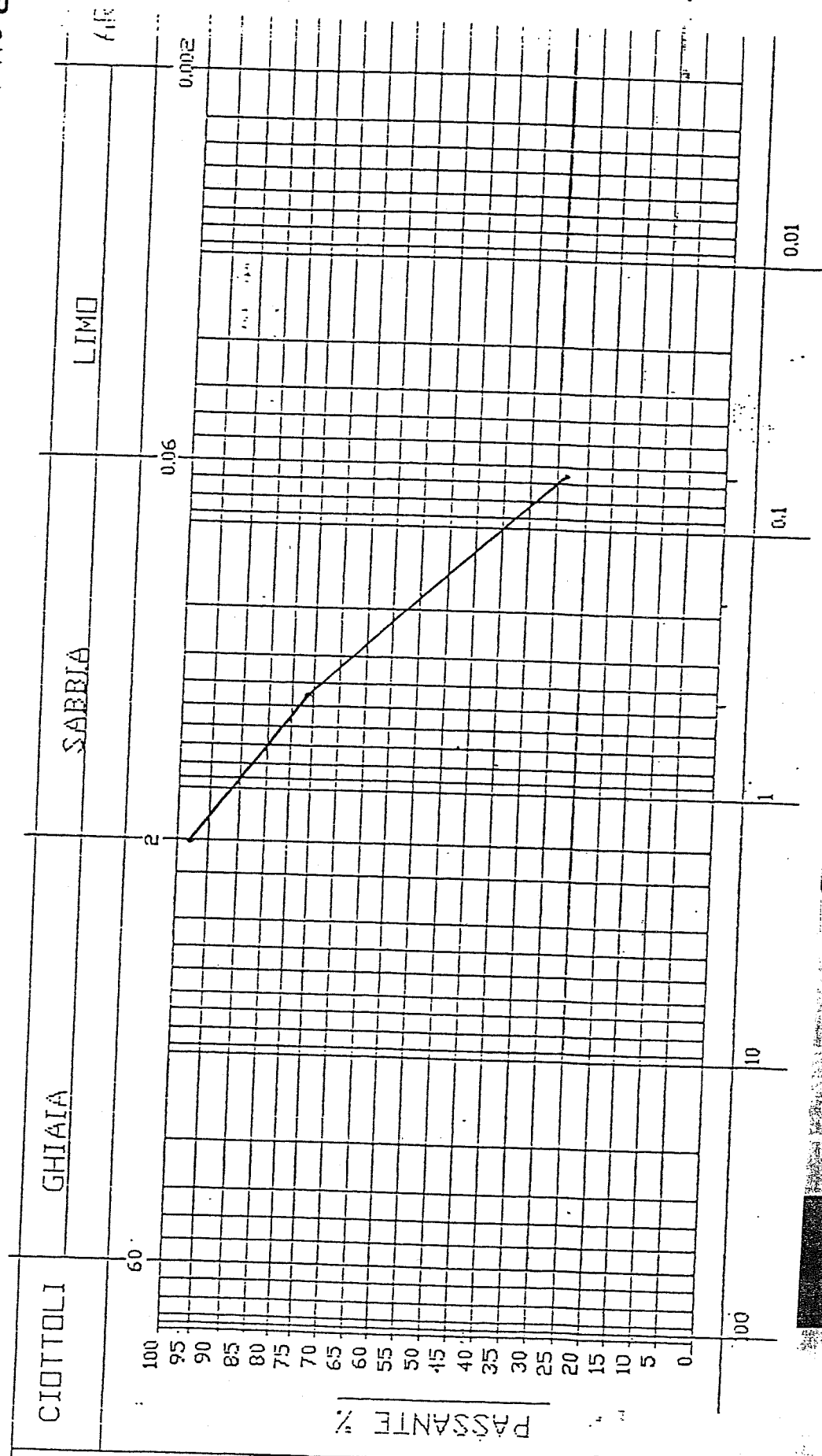
Selaccio ASTM n.	Apertura mm	Trattenuto gr.	Trattenuto %	Passante %	Apertura mm	
	100				100	D10 =
	75				75	D30 =
	50				50	D60 =
	40				40	Cu =
	30				30	
	25				25	
	15				15	
	10				10	
	5				5	
	2	7	1,55	98,45	2	
40	0,42	103	22,74	77,26	0,42	
80	0,177				0,177	
200	0,075	322	71,08	28,92	0,075	

GeA Srl Geologia e Ambiente v. Cavour 13 volpede (RN) Telefono e fax (0131) 806588

ANALISI GRANULOMETRICA INDAGINE SONDAGGIO 1

PROF. 15

N. 6



PROGETTO :

SONDAGGIO I 1 CAMPIONE n. C7 PROFONDITA' 16,90

Peso campione gr. 1458 Umidità %

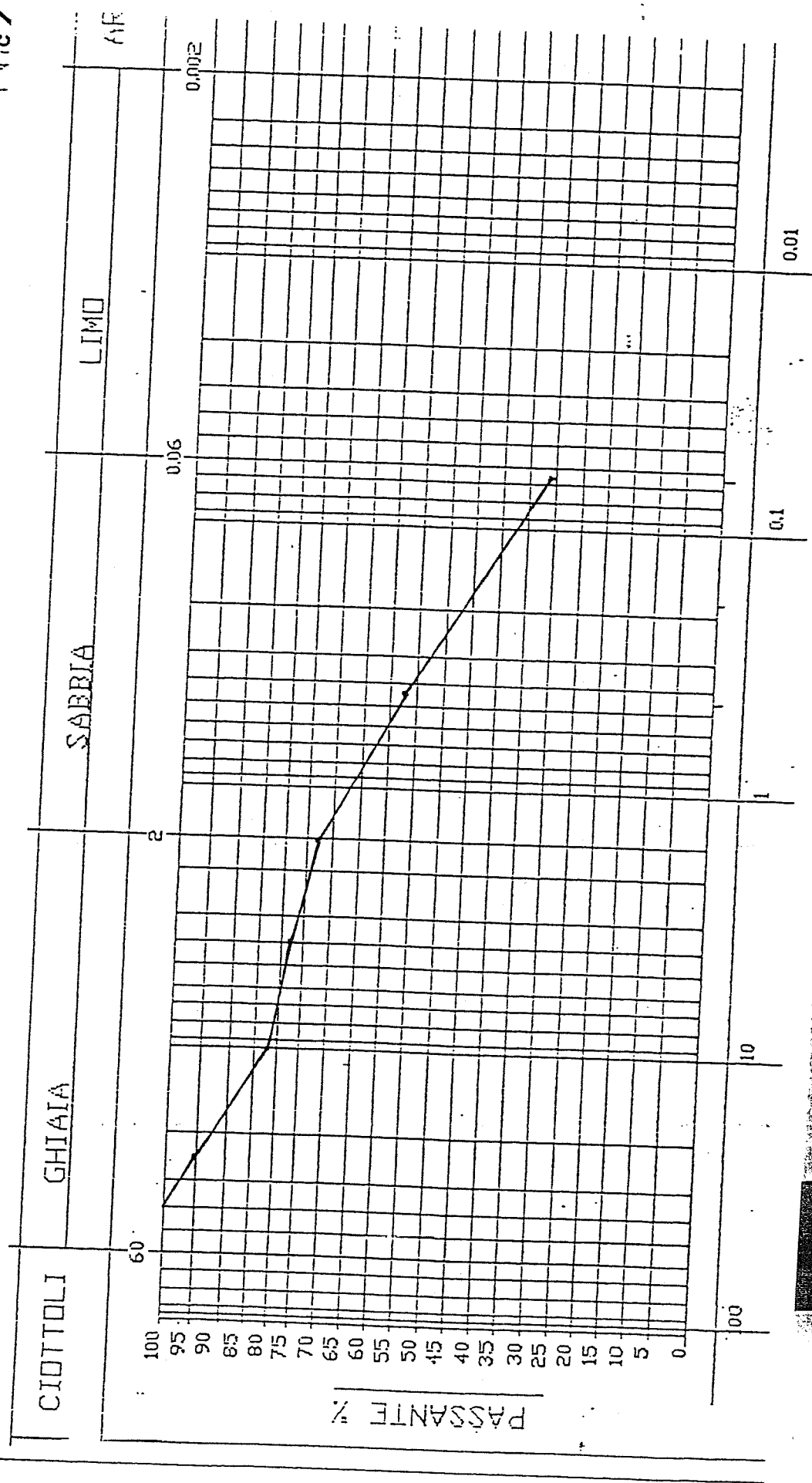
Selaccio ASTM n.	Apertura mm	Trattenuto gr.	Trattenuto %	Passante %	
	100				D10 = 0
	75	0	0	100,00	D30 =
	50				D60 = 0
	40	0	0	100,00	Cu = 0
	30				
	25	48	3,26	96,74	
	15				
	10	261	17,88	82,12	
	5	332	22,77	77,23	
	2	405	27,75	72,25	
40	0,42	611	41,88	58,12	
80	0,177				
200	0,075	1010	69,26	30,74	

GeA Srl Geologia e Ambiente v. Cavour 13 volpe di Camano e fax (0131) 806588

ANALISI GRANULOMETRICA INDAGINE SONDAGGIO 1

PROF. 16,9

N. 7



PROGETTO:

CISPELAGAM MONZA

Cantiere v. Birona

SONDAGGIO I

1 CAMPIONE n. C8

PROFONDITA'

20.05

Peso campione gr.

2015

Umidità %

Selaccio astm N.	Apertura mm	Trattenuto gr.	Trattenuto %	Passante %	
	100				D10 = 0
	75	0	0	100,00	D30 =
	50				D60 = 0
	40	293	14,55	85,45	Cu = 0
	30				
	25	299	14,85	85,15	
	15				
	10	481	23,88	76,12	
	5	690	34,22	65,78	
	2	741	36,75	63,25	
40	0,42	1301	64,55	35,45	
80	0,177				
200	0,075	1772	87,95	12,05	

GeA Srl

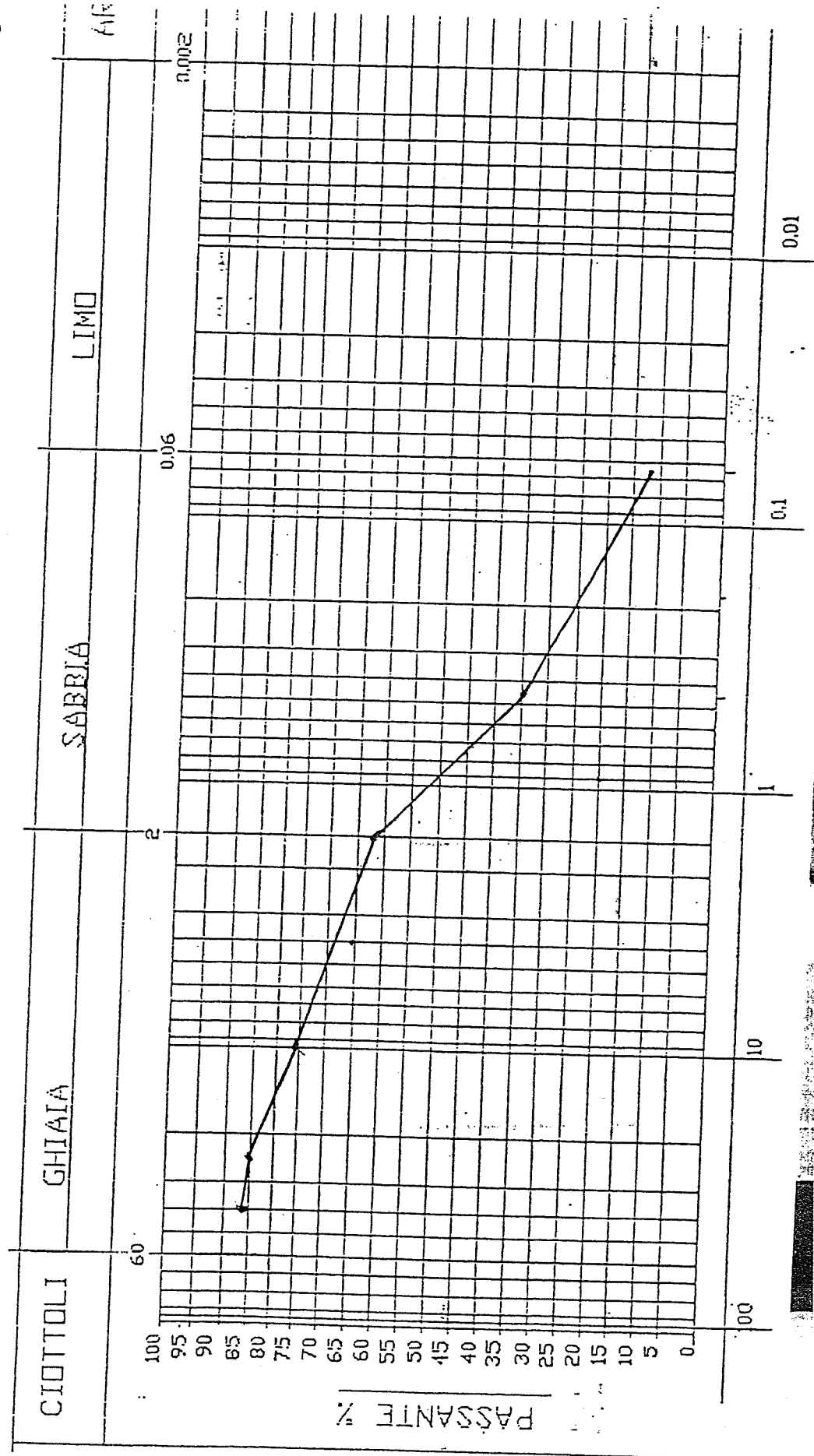
Geologia e Ambiente v. Cavour 18 volpede (MI)

Telefono e fax (0131) 806588

ANALISI GRANULOMETRICA INDAGINE SONDAGGIO

PROF 20,05

N_c 8



PROGETTO :

CISPEL - AGAM MONZA

cantiere v. Birona

SONDAGGIO I

1

CAMPIONE n. C9

PROFONDITA I

27.15

Peso campione gr.

1748

Umidità %

Setaccio astm N.	Apertura mm	Trattenuto gr.	Trattenuto %	Passante %
	100			
	75	0	0	100,00
	50			
	40	0	0	100,00
	30			
	25	322	18,44	81,56
	15			
	10	505	28,88	71,12
	5	918	52,52	47,48
	2	1214	69,44	30,56
40	0,42	1338	76,52	23,48
80	0,177			
200	0,075	1606	91,87	8,13

D10 = 0

D30 =

D60 = 0

Cu = 0

GeA Srl

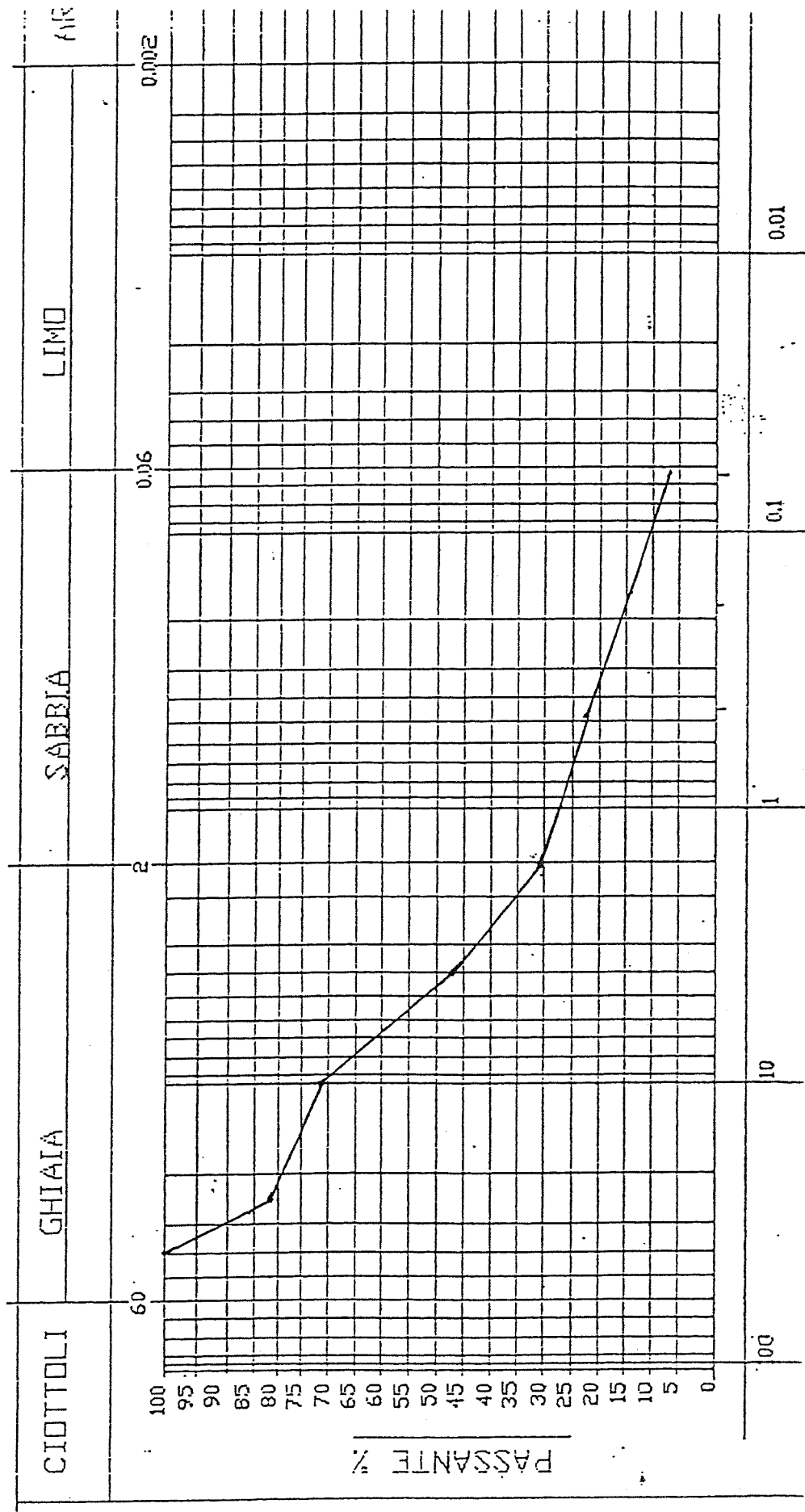
Geologia e Ambiente v. Cavour 13 volpede (MI) no e fax (0131) 806588

ANALISI GRANULOMETRICA INDAGINE

SONDAGGIO 1

PROF. 27,15

N.° 9



PROGETTO :

CISPEL - AGAM MONZA

cantiere v. Birona

SONDAGGIO I

1 CAMPIONE n. C10

PROFONDITA'

29.65

Peso campione gr.

1256

Umidità %

Setaccio astm N.	Apertura mm	Trattenuto gr.	Trattenuto %	Passante %	
	100				D10 = 0
	75	0	0	100,00	D30 =
	50				D60 = 0
	40	0	0	100,00	Cu = 0
	30				
	25	36	2,85	97,15	
	15				
	10	547	43,52	56,48	
	5	794	63,22	36,78	
	2	935	74,44	25,56	
40	0,42	1027	81,77	18,23	
80	0,177				
200	0,075	1192	94,93	5,07	

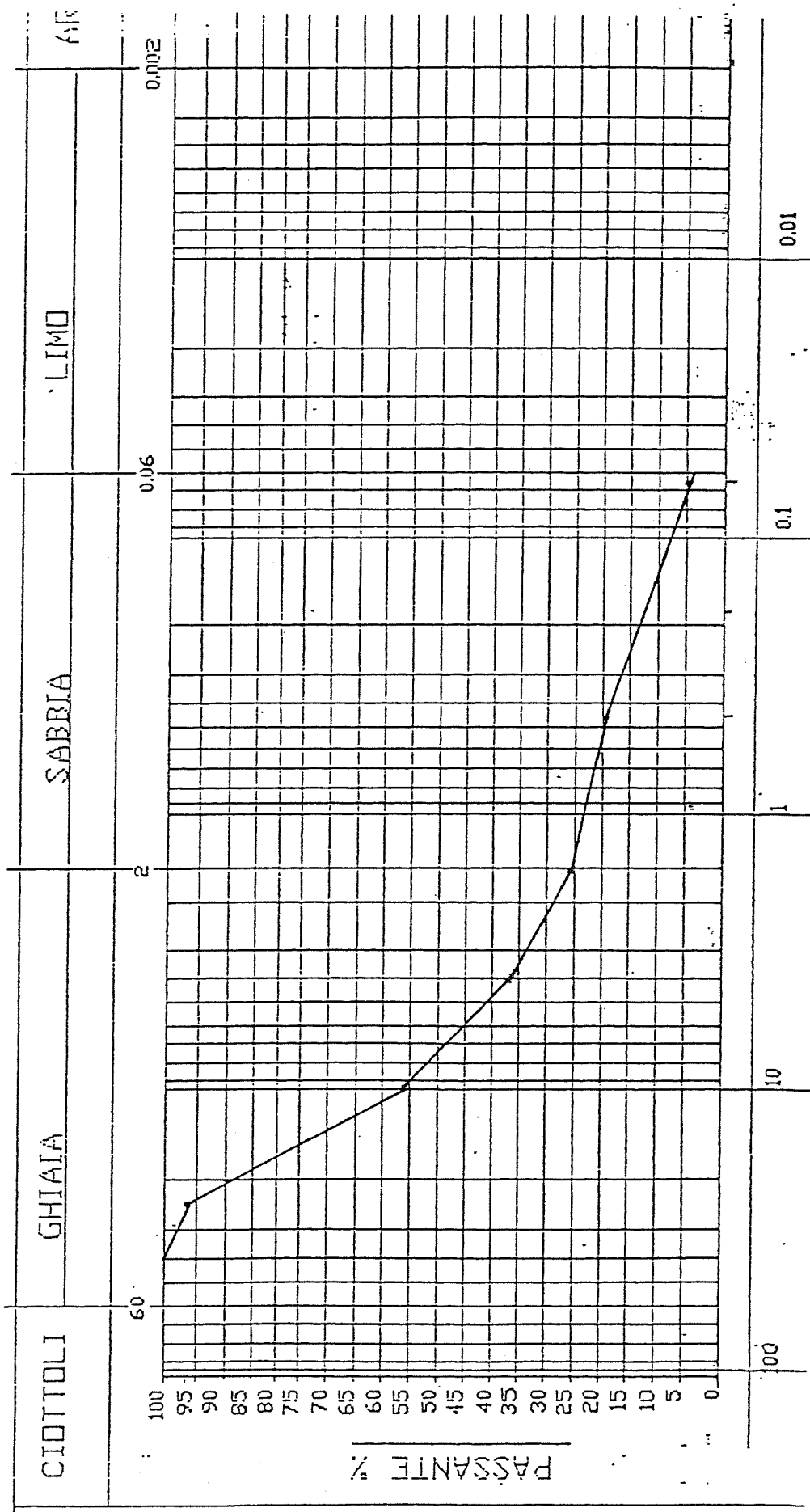
GeA Srl Geologia e Ambiente v. Cavour 13 volpede (Mo) no e fax (0131) 806588

ANALISI GRANULOMETRICA INDAGINE

SONDAGGIO 1

PROF. 29,65

N°10



SB5C597-149171

PROGETTO :

CISPEL - AGAM MONZA

cantiere v. Birona

SONDAGGIO I

2 CAMPIONE n. C11

PROFONDITA'

3.2

Peso campione gr.

1995 Umidità %

Setaccio astm N.	Apertura mm	Trattenuto gr.	Trattenuto %	Passante %	
	100				D10 = 0
	75	0	0	100,00	D30 =
	50				D60 = 0
	40	0	0	100,00	Cu = 0
	30				
	25	177	8,86	91,14	
	15				
	10	1004	50,35	49,65	
	5	1167	58,48	41,52	
	2	1445	72,44	27,56	
40	0,42	1573	78,87	21,13	
80	0,177				
200	0,075	1746	87,52	12,48	

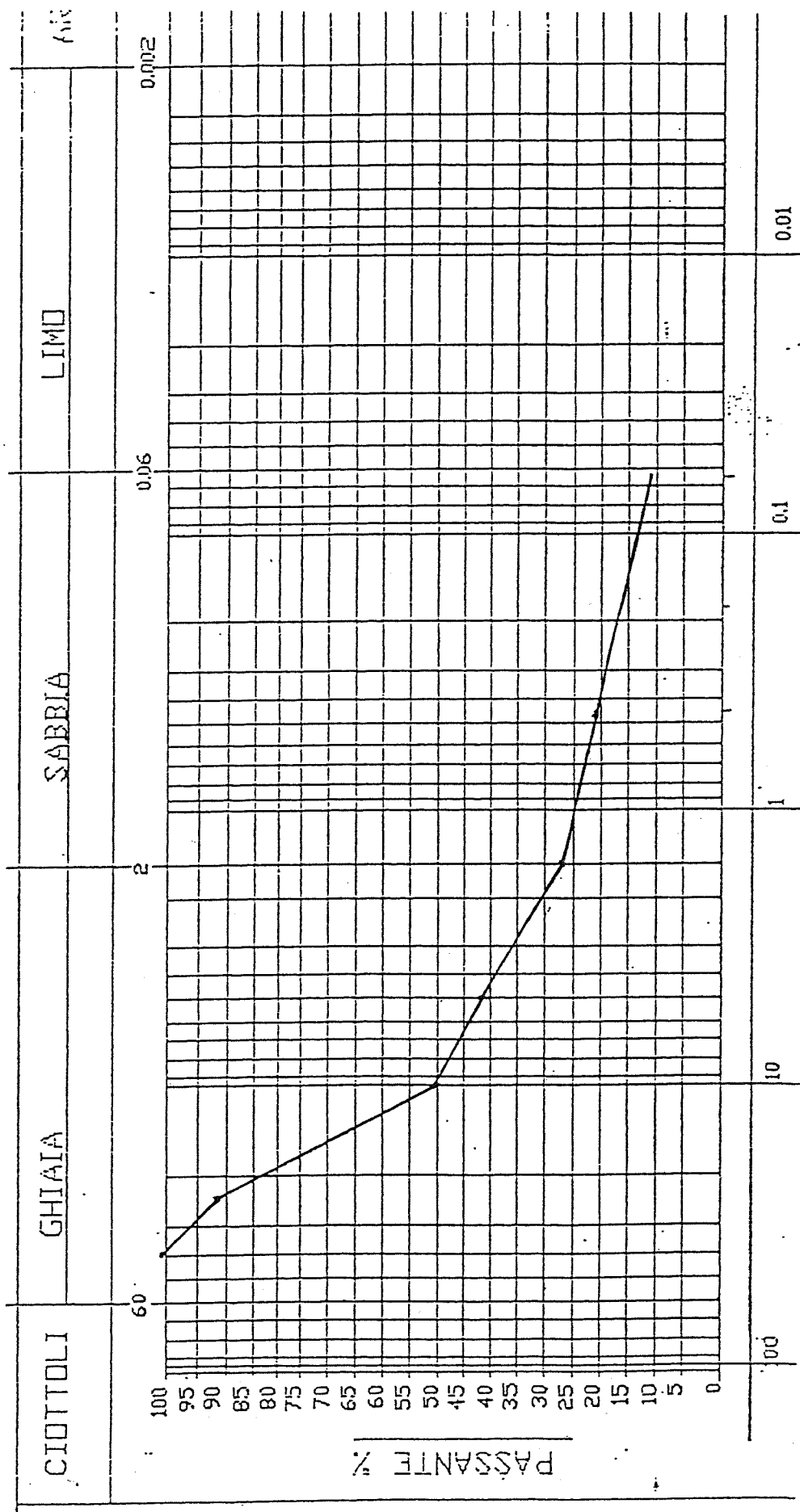
GeA Srl Geologia e Ambiente v. Cavour 13 volpede (MI) Telefono e fax (0131) 806588

ANALISI GRANULOMETRICA INDAGINE

SENDAAGGIO 2

PROF. 3,2

N. 11



PROGETTO : CISPEL - AGAM MONZA

cantiere v. Birona

SONDAGGIO I : 2 CAMPIONE n. C12 PROFONDITA' 5,50

Peso campione gr. 987 Umidità %

Setaccio astm N.	Apertura mm	Trattenuto gr.	Trattenuto %	Passante %	
	100				D10 = 0
	75	0	0	100,00	D30 =
	50				D60 = 0
	40	0	0	100,00	Cu = 0
	30				
	25	0	0	100,00	
	15				
	10	27	2,77	97,23	
	5	63	6,34	93,66	
	2	304	30,78	69,22	
40	0,42	440	44,55	55,45	
80	0,177				
200	0,075	640	64,85	35,15	

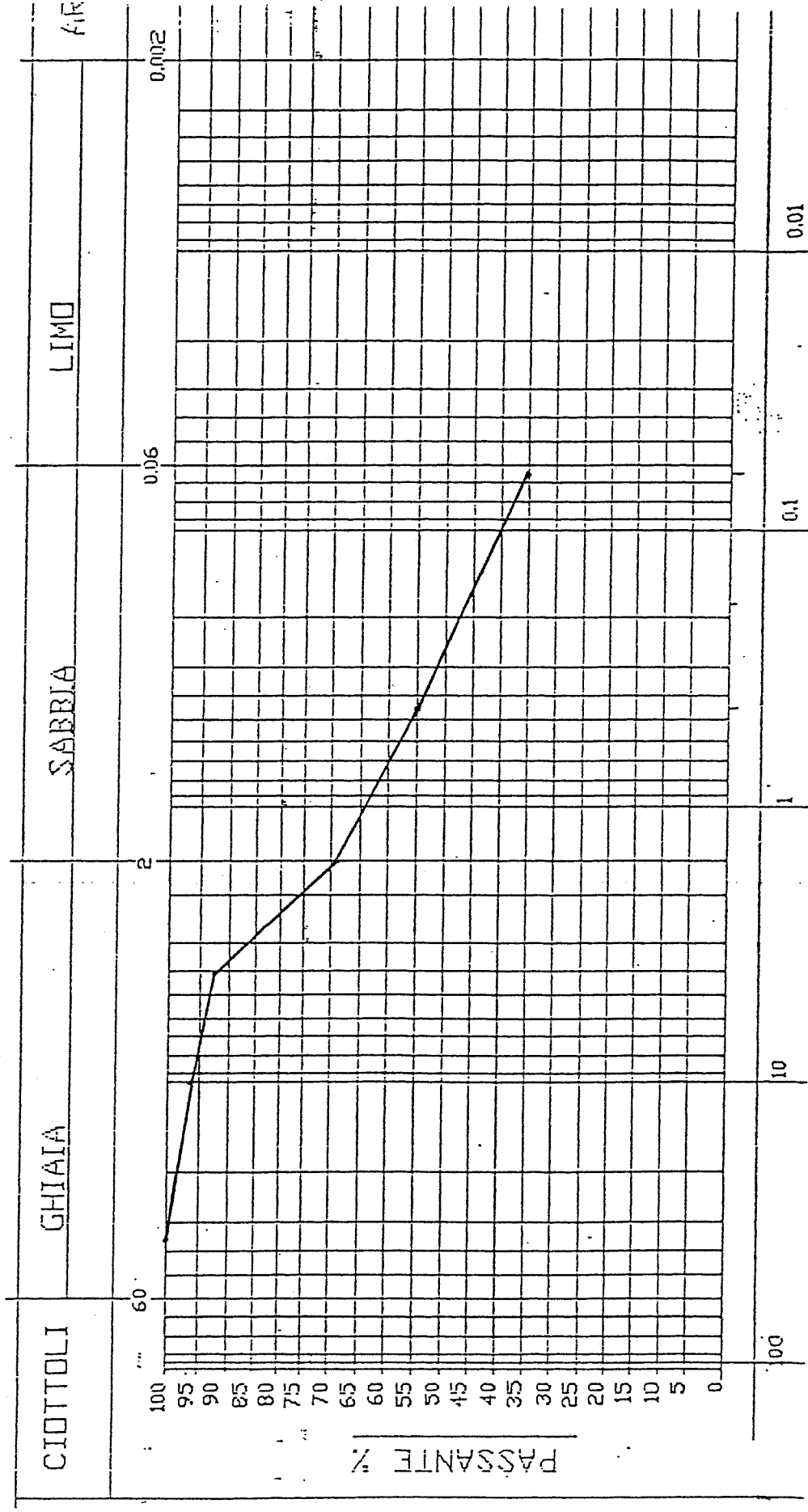
GeA Srl Geologia e Ambiente v. Cavour 13 volpede (MI) Telefono e fax (0131) 806588

ANALISI GRANULOMETRICA INDAGINE

SONDAGGIO 2

PROF. 5,5

N° 12



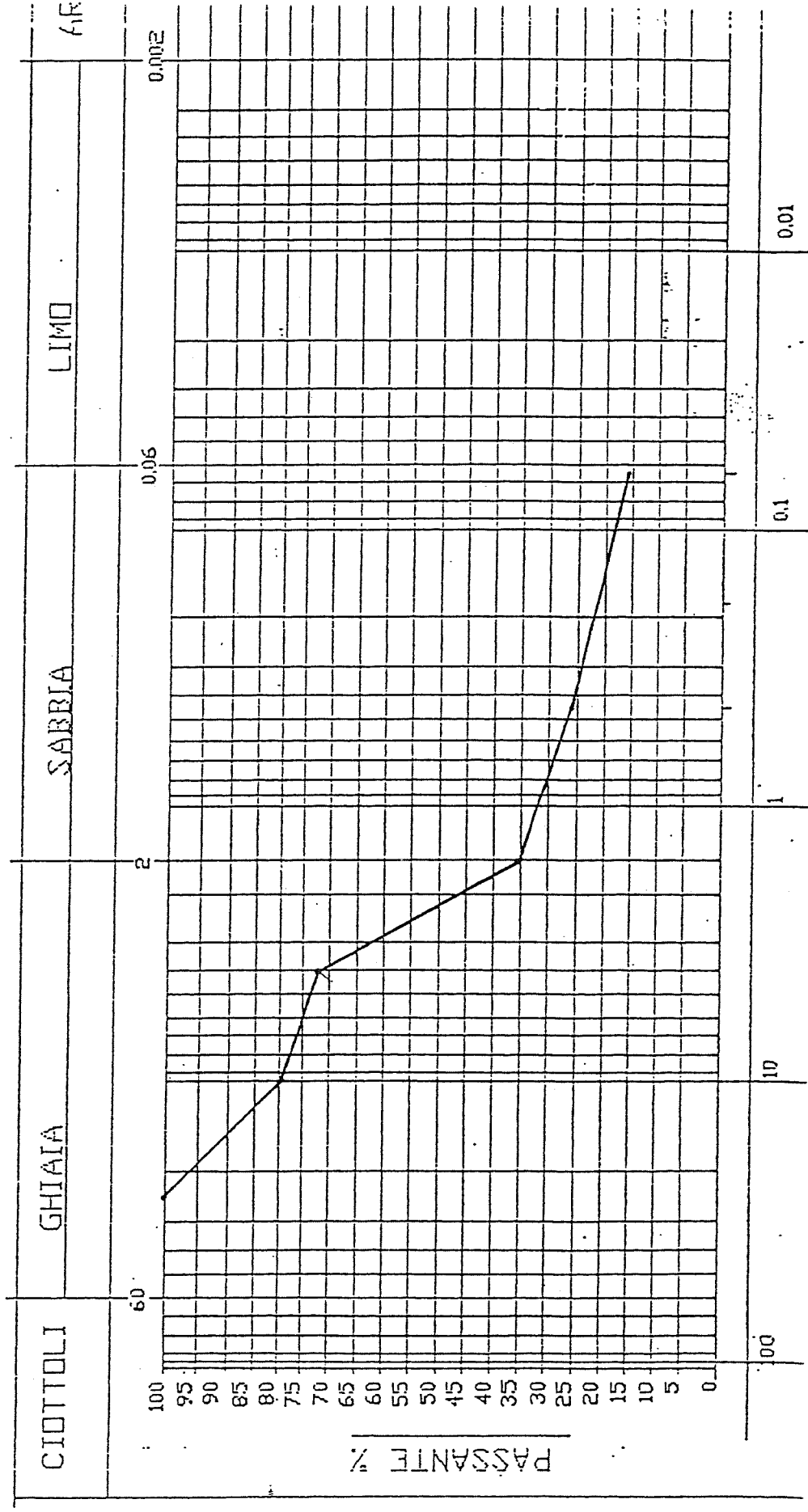
PROGETTO : <u>CISPEL - AGAM MONZA</u>					
<u>cantiere v. Birona</u>					
SONDAGGIO I	2	CAMPIONE n. C13	PROFONDITA'	9,60	
Peso campione gr.		1442	Umidità %		
Setaccio astm N.	Apertura mm	Trattenuto gr.	Trattenuto %	Passante %	
	100				D10 = 0
	75	0	0	100,00	D30 =
	50				D60 = 0
	40	0	0	100,00	Cu = 0
	30				
	25	0	0	100,00	
	15				
	10	285	19,77	80,23	
	5	397	27,55	72,45	
	2	935	64,85	35,15	
40	0,42	1065	73,85	26,15	
80	0,177				
200	0,075	1214	84,22	15,78	
GeA Srl Geologia e Ambiente v. Cavour 18 volpede (MI) telefono e fax (0131) 806588					

ANALISI GRANULOMETRICA INDAGINE

SONDAGGIO 2

PROF. 96

N^c13



PROGETTO :

CISPEL - AGAM MONZA

Canbiere v. Birona

SONDAGGIO I

2

CAMPIONE n.

C14

PROFONDITA :

15,50

Peso campione gr.

2114

Umidità %

Setaccio astm N.	Apertura mm	Trattenuto gr.	Trattenuto %	Passante %
	75	0	0	100,00
	50	141	6,69	93,31
	40			
	30			
	25	501	23,72	76,28
	15			
	10	759	35,92	64,08
	5	885	41,88	58,12
10	2	1200	56,77	43,23
40	0,42	1458	68,95	31,05
80	0,177	1873	88,59	11,41
200	0,075	1966	92,98	7,02

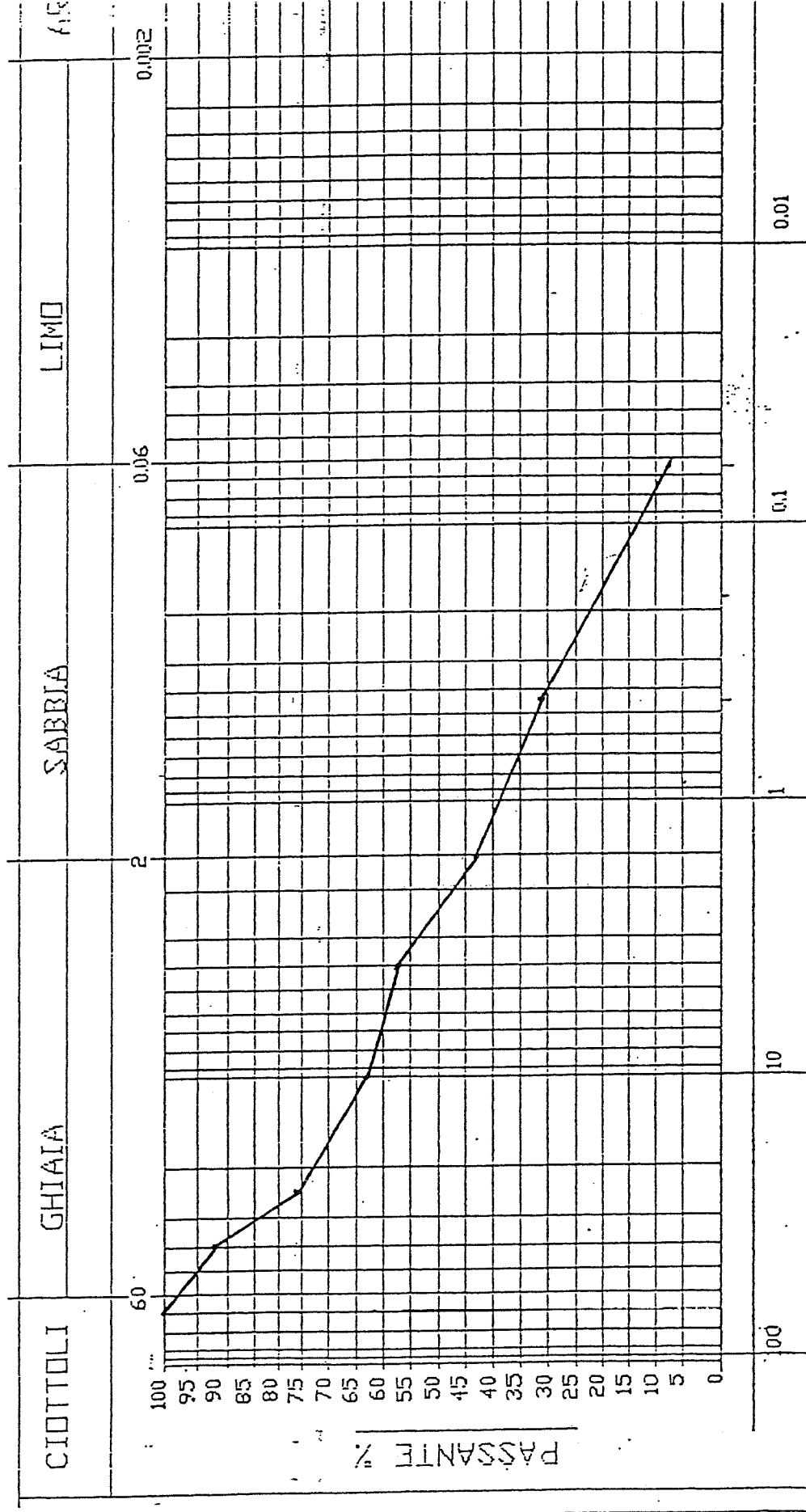
GeA Srl Geologia e Ambiente v. Cavour 13 volpede (Mi) no e fax (0131) 806588

ANALISI GRANULOMETRICA INDAGINE

SONDAGGIO 2

PROF. 15,5

N. c 14



15 PROGETTO :

CISPEL - AGAM MONZA

cantiere v. Birona

SONDAGGIO I

2 CAMPIONE n. C15

PROFONDITA'

18,00

Peso campione gr.

1588

Umidità %

Setaccio astm N.	Apertura mm	Trattenuto gr.	Trattenuto %	Passante %	
	100				D10 = 0
	75	0	0	100,00	D30 =
	50				D60 = 0
	40	443	27,89	72,11	Cu = 0
	30				
	25	502	31,64	68,36	
	15				
	10	808	50,88	49,12	
	5	952	59,98	40,02	
	2	1030	64,85	35,15	
40	0,42	1236	77,85	22,15	
80	0,177				
200	0,075	1416	89,16	10,84	

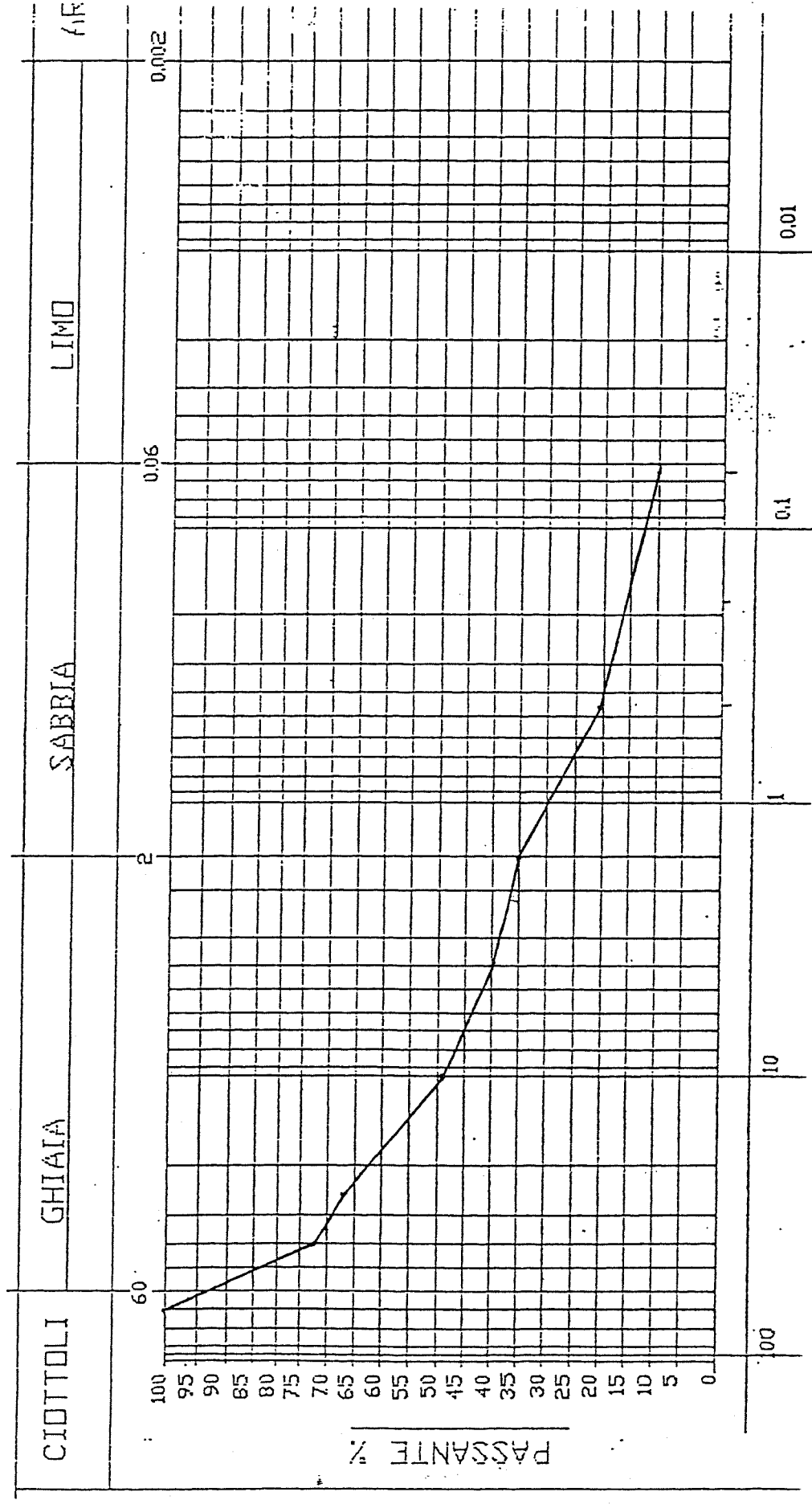
GeA Srl Geologia e Ambiente v. Cavour 13 volpede (Monza) Tel. e fax (0131) 806588

ANALISI GRANULOMETRICA INDAGINE

SONDAGGIO 2

PROF. 18

N. 15



QB5C597459156

16 PROGETTO:

CISPEL - AGAM MONZA

cantiere v. Birona

SONDAGGIO IPc1

CAMPIONE n. C16

PROFONDITA' 1.00

Peso campione gr.

1255 Umidità %

Selaccio astm N.	Apertura mm	Trattenuto gr.	Trattenuto %	Passante %	
	100				D10 = 0
	75	0	0	100,00	D30 =
	50				D60 = 0
	40	0	0	100,00	Cu = 0
	30				
	25	58	4,59	95,41	
	15				
	10	173	13,82	86,18	
	5	317	25,26	74,74	
	2	397	31,64	68,36	
40	0,42	562	44,76	55,24	
80	0,177				
200	0,075	898	71,52	28,48	

LL	18,80
LP.	15,70
I.P.	0,00

I.G.	Gruppo
0	A 2-4

GeA Srl Geologia e Ambiente v. Cavour 13 volpedello (MI) Telefono e fax (0131) 806588

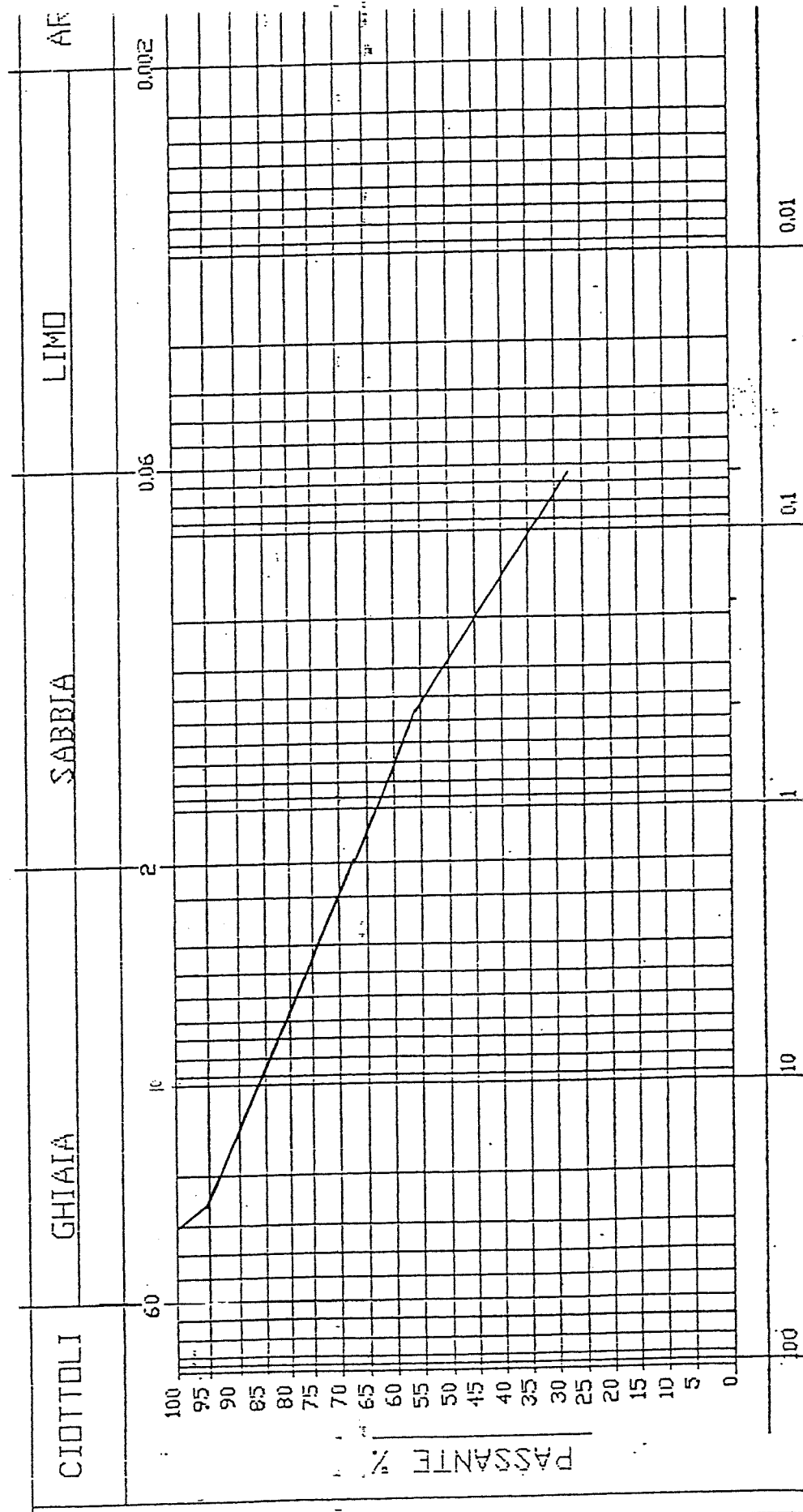
ANALISI GRANULOMETRICA INDAGINE

SONDAGGIO

pc1

PROF. 1

N. c16



QB5C597159151

17 PROGETTO :

CISPEL - AGAM MONZA

cantiere v. Birona

SONDAGGIO IPc 2

CAMPIONE n. C17

PROFONDITÀ

1,40

Peso campione gr.

1602 Umidità %

Setaccio astm N.	Apertura mm	Trattenuto gr.	Trattenuto %	Passante %
	100			
	75	0	0	100,00
	50			
	40	0	0	100,00
	30			
	25	169	10,53	89,47
	15			
	10	315	19,68	80,32
	5	448	27,95	72,05
	2	558	34,85	65,15
40	0,42	767	47,85	52,15
80	0,177			
200	0,075	1189	74,22	25,78

D10 = 0

D30 =

D60 = 0

Cu = 0

LL	21,20
LP	12,48
IP	0,00

I.G.	Gruppo
0	A 2-4

GeA Srl Geologia e Ambiente v. Cavour 13 volpede (MI) Telefono e fax (0131) 806588

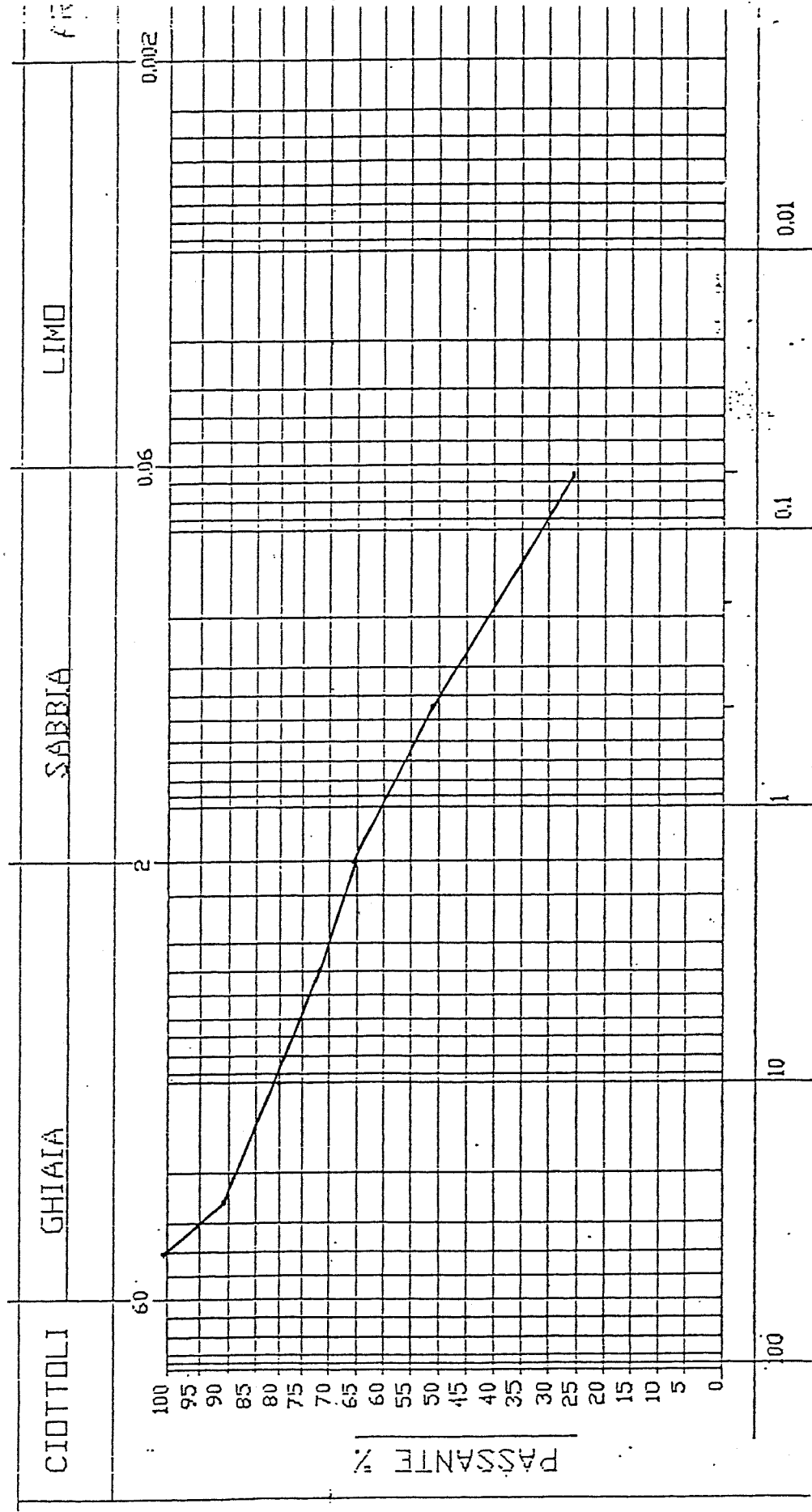
ANALISI GRANULOMETRICA INDAGINE

SONDAGGIO

PC 2

PROF. 1,4

N. 17



QB5C597179139

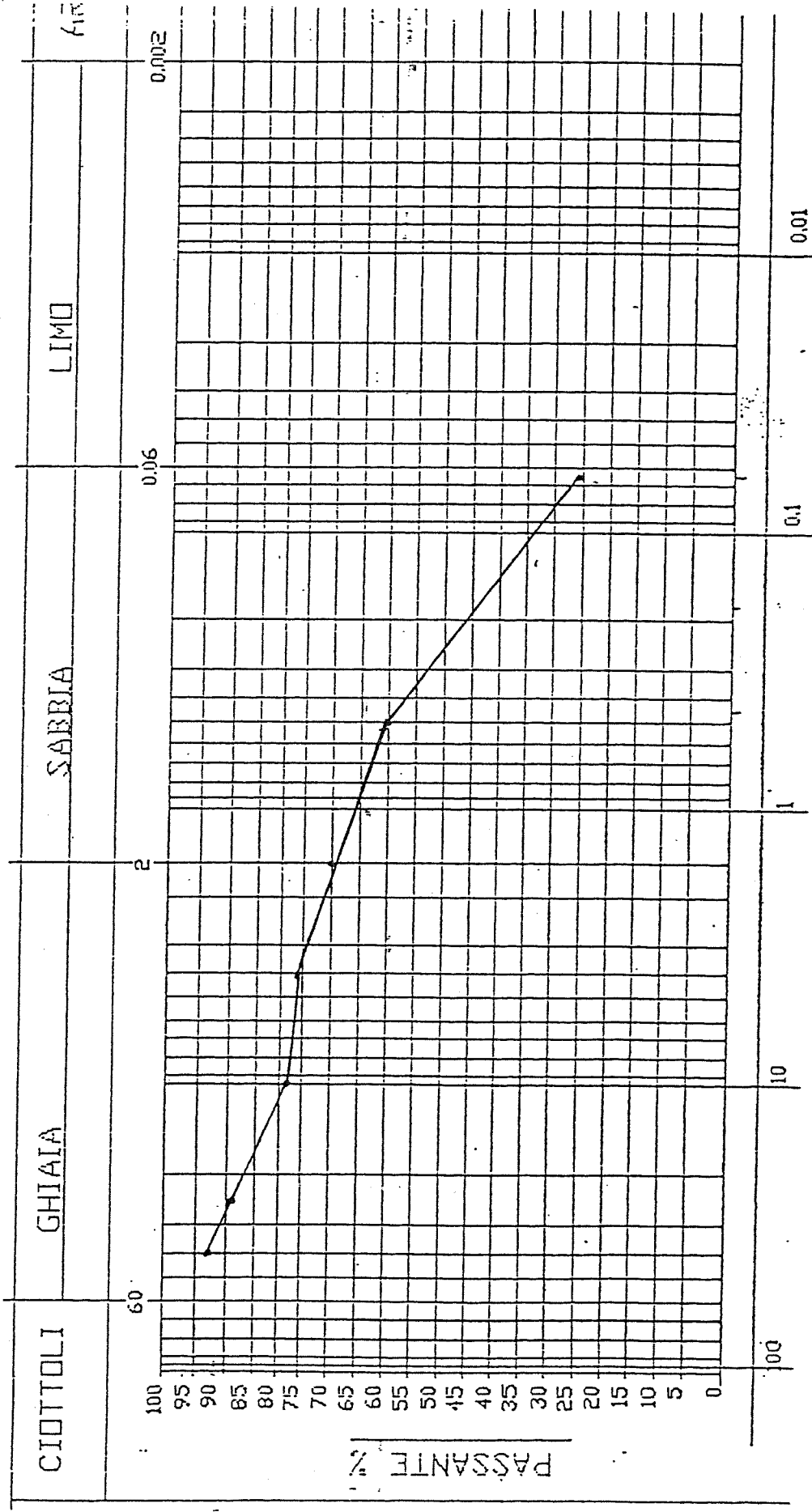
18	PROGETTO :	CISPEL - AGAM MONZA			
		<i>canliere v. Birona</i>			
SONDAGGIO IPc 3		CAMPIONE n. C18		PROFONDITA' 1,80	
Peso campione gr.		1704 Umidità %			
Setaccio astm N.	Apertura mm	Trattenuto gr.	Trattenuto %	Passante %	
	100				D10 = 0
	75	0	0	100,00	D30 =
	50				D60 = 0
	40	117	6,89	93,11	Cu = 0
	30				
	25	198	11,64	88,36	
	15				
	10	356	20,88	79,12	
	5	377	22,15	77,85	
	2	503	29,52	70,48	
40	0,42	685	40,22	59,78	
80	0,177				
200	0,075	1253	73,52	26,48	
LL	15,50	I.G.		Gruppo	
LP.	13,50	0		A 2-4	
I.P.	0,00				
GeA Srl Geologia e Ambiente v. Cavour 13 volpede (MI) Tel. 02 806588					

ANALISI GRANULOMETRICA INDAGINE

SONDAGGIO _{PC 3}

PROF. 118

N. c18



ALLEGATO 4

PROVE DI PIASTRA

QB5C597459156

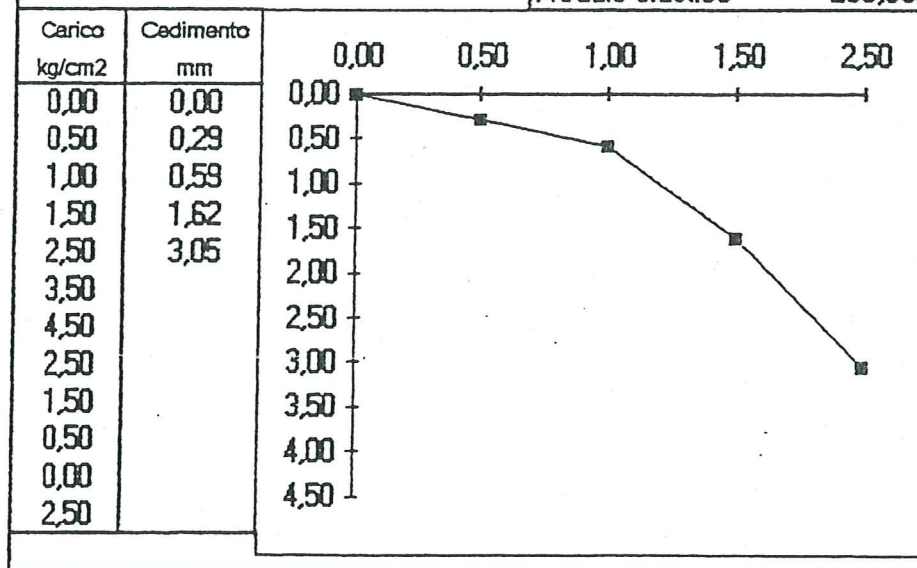
PROVA DI CARICO SU PIASTRA

Committente	CISPEL	Cantiere	AGAM v. Birona
Sito prova	pozzetto	Prova numero	1
Profondità	1.00 m dal piano campagna		

Pressione kg/cm ²	Tempo minuti	Comparatori			a+b+c mm	(a+b+c)/3 mm	Parziali mm	totali mm
		a mm	b mm	c mm				
0,00	0,00	1,78	0,13	0,85	2,76	0,92		0,00
0,50	0,00	1,85	0,54	1,15	3,54	1,18		
0,50	2,00	1,86	0,58	1,18	3,62	1,21	0,29	0,29
1,00	0,00	2,15	0,89	1,37	4,41	1,47		
1,00	2,00	2,19	0,92	1,41	4,52	1,51	0,30	0,59
1,50	0,00	3,01	1,87	2,32	7,20	2,40		
1,50	2,00	3,11	1,98	2,41	7,50	2,50		
1,50	4,00	3,15	2,01	2,45	7,61	2,54	1,03	1,62
2,50	0,00	3,18	2,99	3,46	9,63	3,21		
2,50	2,00	4,31	3,86	3,52	11,69	3,90		
2,50	4,00	4,36	3,98	3,57	11,91	3,97	1,43	3,05
					0,00	0,00		
					0,00	0,00		
					0,00	0,00		
					0,00	0,00		
					0,00	0,00		
					0,00	0,00		

Grafico CARICO DEFORMAZIONI

Modulo elastico = 209,302



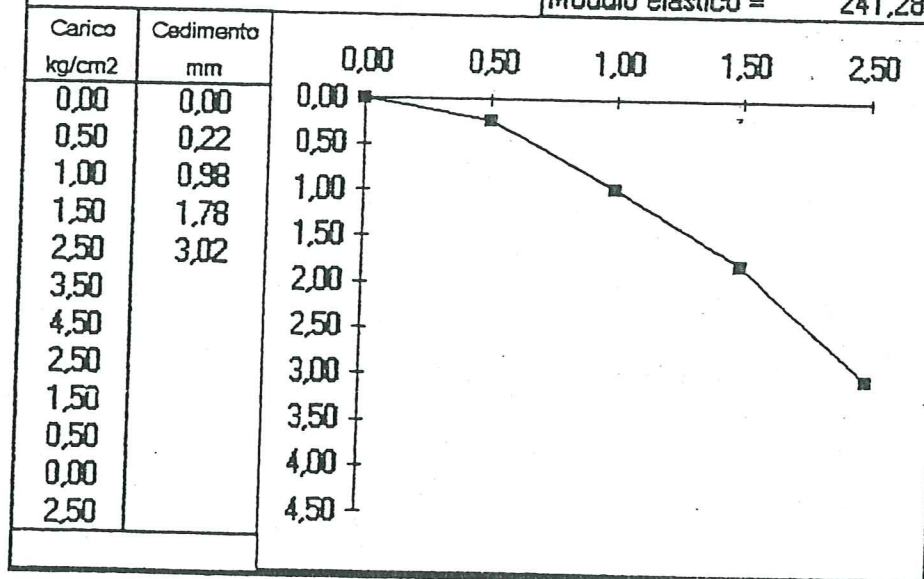
PROVA DI CARICO SU PIASTRA

Committente	CISPEL	Cantiere	AGAM v. Birona
Sito prova	pozzetto	Prova numero	2
Profondità	1.40 m dal piano campagna		

[illegible]

Grafico CARICO DEFORMAZIONI

Modulo elastico = 241,287



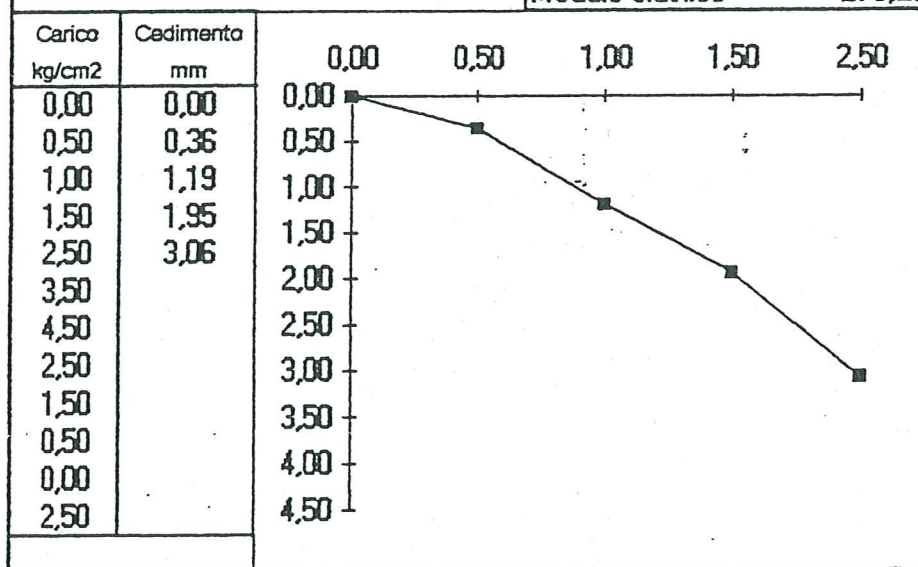
PROVA DI CARICO SU PIASTRA

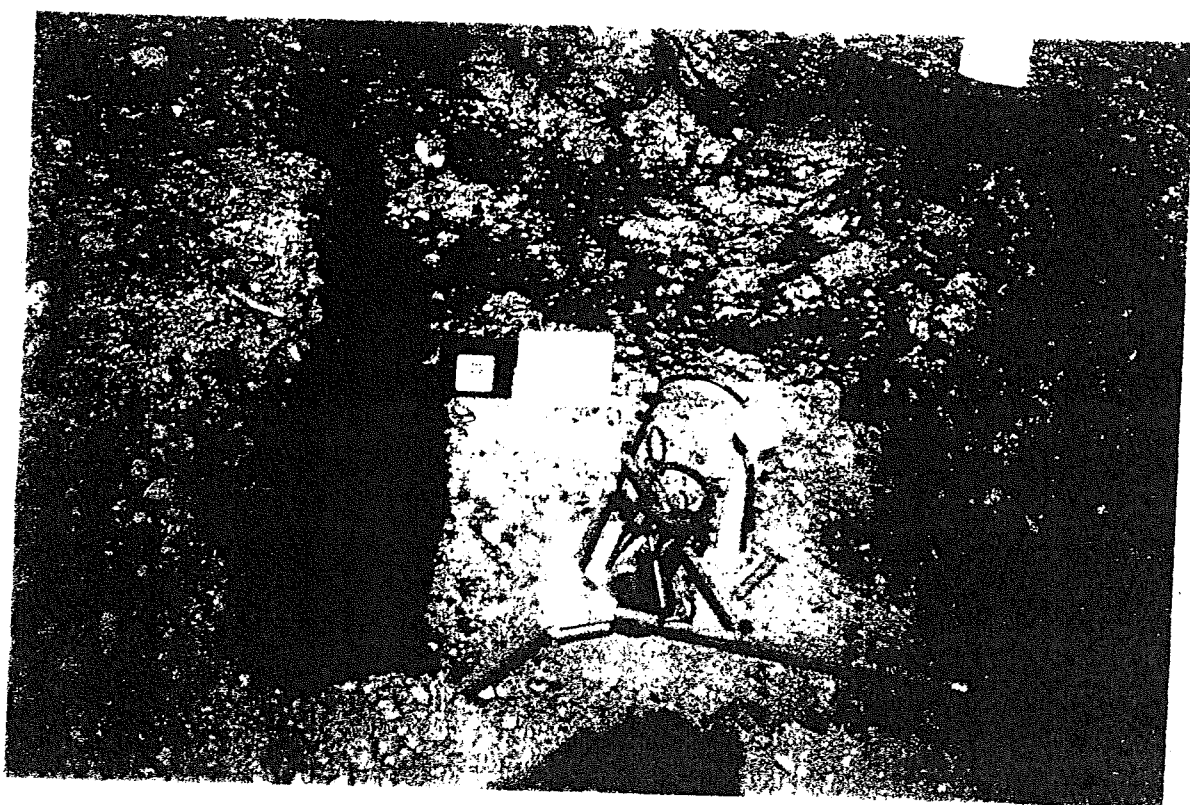
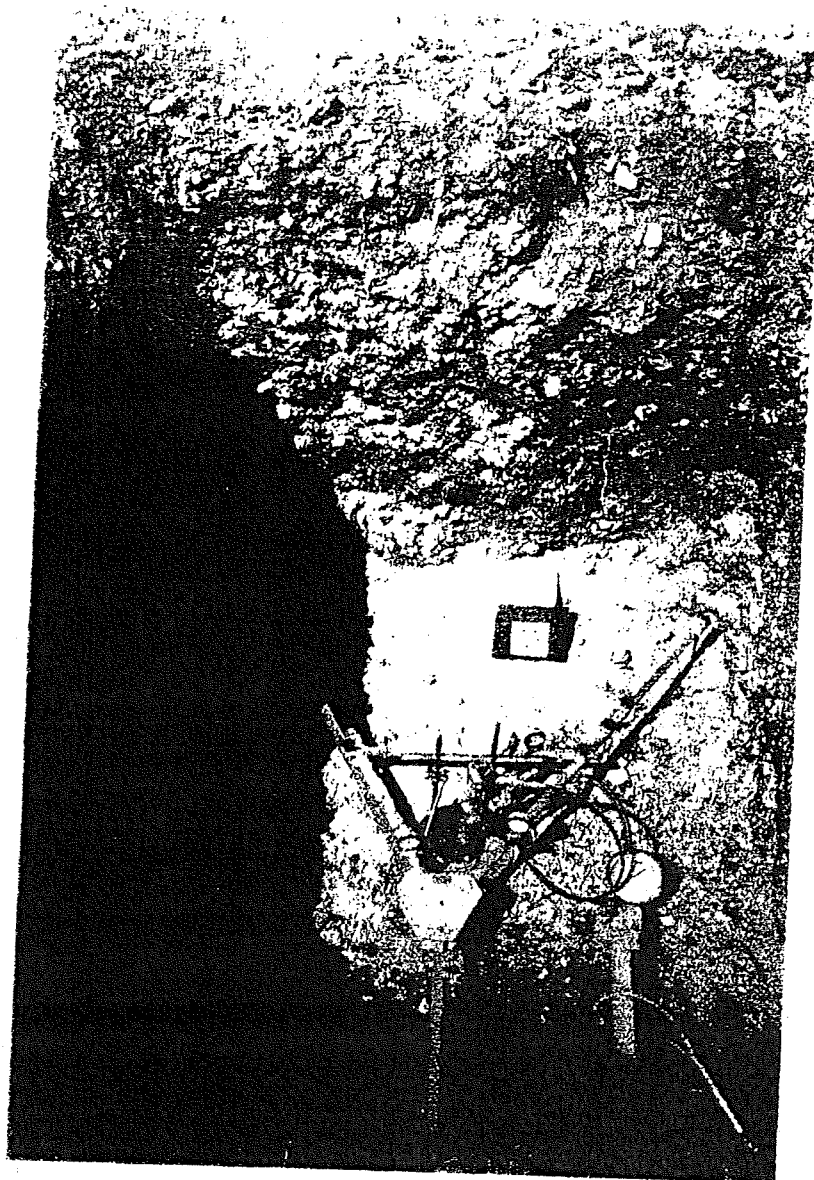
Committente	CISPEL	Cantiere	AGAM v. Birona
Sito prova	pozzetto	Prova numero	3
Profondità	1.80 m dal piano campagna		

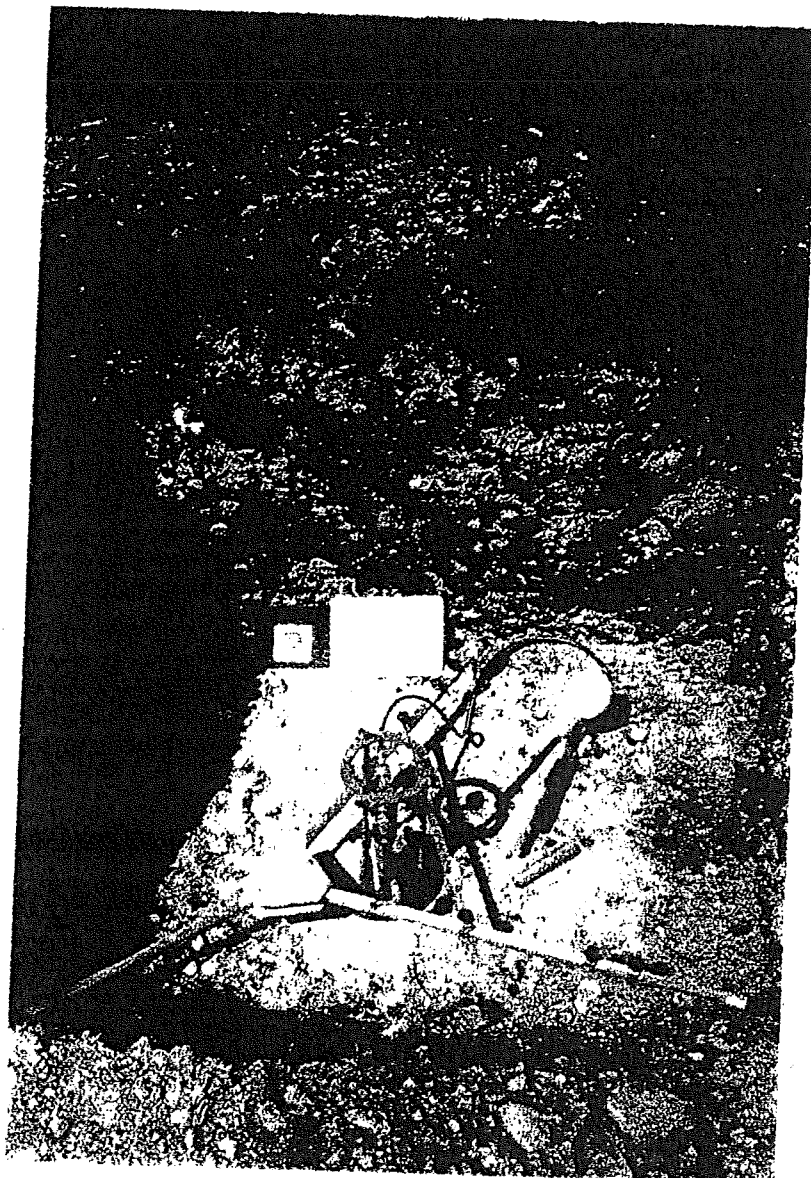
[illegible]

Grafico CARICO DEFORMAZIONI

Modulo elastico =	270,27
-------------------	--------







ALLEGATO 5

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDO

CISPEL AGAM MONZA**VALUTAZIONE DEL COEFFICIENTE DI SOTTOFONDO**

Prove di riferimento :

a) Prove di carico su piastra Pc 1, Pc2 e Pc 3

b) SPT da 1 a 7 del Sondaggio S1 e da 1 a 4 del sondaggio S2

a) metodo NAVFAC (DM 7 - 1)

$$S_c = S_{0.5y} - \Delta S_c =$$

in cui

 S_c = Valore corretto del cedimento ΔS_c = Valore del cedimento dovuto alle imperfezioni $S_{0.5y}$ = Cedimento del carico di metà flessione

$$K_s = q_{0.5y} / S_c$$

in cui

 K_s = Coefficiente di sottofondo relativo di piastra $q_{0.5y}$ = Carico di flessione

Per terreni granulari permeabili

$$K_{Is} = 4D^2 / (D + 1)^2 \times K_s$$

in cui

 K_{Is} = Coefficiente di sottofondo relativo ad una fondazione quadrata o circolare di dimensioni unitarie D = Diametro della piastra di prova

b) prove SPT

$$K = K''s (b^* + b / 2b)^2$$

in cui

 K = Coefficiente di sottofondo $K''s$ = Valore funzione di N_{spt} b^* = Diametro della piastra di prova b = Larghezza della fondazione

Piastra Pc 1 Profondità 1,00 m

$$q_{0.5y} \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 1,25$$

$$\text{delta } S_c \text{ (mm)} = 0,12$$

$$S_{0.5y} \text{ (mm)} = 0,87$$

$$K_s \text{ (kg /cm}^3\text{)} = 1,67$$

$$D \text{ (ft)} = 1$$

$$K_{sl} \text{ (kg /cm}^3\text{)} = 1,67$$

Piastra Pc 2 Profondità 1,40 m

$$q_{0.5y} \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 1,00$$

$$\text{delta } S_c \text{ (mm)} = 0,12$$

$$S_{0.5y} \text{ (mm)} = 0,90$$

$$K_s \text{ (kg /cm}^3\text{)} = 1,28$$

$$D \text{ (ft)} = 1$$

$$K_{sl} \text{ (kg /cm}^3\text{)} = 1,28$$

Piastra Pc 3 Profondità 1,80 m

$$q_{0.5y} \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 0,80$$

$$\text{delta } S_c \text{ (mm)} = 0,12$$

$$S_{0.5y} \text{ (mm)} = 0,56$$

$$K_s \text{ (kg /cm}^3\text{)} = 1,82$$

$$D \text{ (ft)} = 1$$

$$K_{sl} \text{ (kg /cm}^3\text{)} = 1,82$$

Sondaggio S1

SPT 1 prof. m. 5,0 $K''s = 4,5 \text{ Kg/cm}^3$

$K = 0,014355$

SPT 2 prof. m. 9,0 $K''s = 20 \text{ Kg/cm}^3$

$K = 0,0638$

SPT 3 prof. m. 13,0 $K''s = 20 \text{ Kg/cm}^3$

$K = 0,0638$

SPT 4 prof. m. 17,0 $K''s = 50 \text{ Kg/cm}^3$

$K = 0,1595$

SPT 5 prof. m. 21,0 $K''s = 50 \text{ Kg/cm}^3$

$K = 0,1595$

SPT 6 prof. m. 25,0 $K''s = 50 \text{ Kg/cm}^3$

$K = 0,1595$

SPT 7 prof. m. 29,0 $K''s = 50 \text{ Kg/cm}^3$

$K = 0,1595$

Sondaggio S2

SPT 1 prof. m. 4,0 $K''s = 4,5 \text{ Kg/cm}^3$

$K = 0,014355$

SPT 2 prof. m. 10,0 $K''s = 6 \text{ Kg/cm}^3$

$K = 0,01914$

SPT 3 prof. m. 15,0 $K''s = 50 \text{ Kg/cm}^3$

$K = 0,1595$

SPT 4 prof. m. 19,0 $K''s = 50 \text{ Kg/cm}^3$

$K = 0,1595$

ALLEGATO 6

SONDAGGI ELETTRICI VERTICALI

1-PREMESSA

Su incarico della società GE.A s.r.l. è stata eseguita, nella porzione settentrionale della città di Monza, una campagna geofisica a mezzo di prospezioni geoelettriche.

La prospezione è stata effettuata il 21 aprile 1993 ed è consistita nell'esecuzione di 3 (tre) Sondaggi Elettrici Verticali (S.E.V.) con modalità quadripolare Schlumberger, con stese elettrode (distanza massima fra gli elettrodi di corrente AB) comprese fra 120 e 160 metri. Questi stendimenti hanno permesso di investigare il sottosuolo dell'area in esame sino ad una profondità compresa fra 25 - 30 metri.

Lo scopo dell'indagine geofisica è stato quello di ricostruire la stratigrafia del sottosuolo dell'area di indagine al fine di evidenziare l'eventuale presenza di livelli di materiali aventi scarse caratteristiche geotecniche quali: limi e limi argillosi o altri litotipi litologici.

2-INTERPRETAZIONE QUANTITATIVA DEI S.E.V.

Date le caratteristiche dell'indagine geoelettrica, si sottolinea che l'interpretazione dei singoli S.E.V. viene fatta nell'ipotesi che il substrato esaminato presenti una certa omogeneità e che le superfici di separazione siano piano-parallele. Ogni corpo roccioso presenta tuttavia un grande campo di variabilità dei propri valori di resistività; questo dipende dal grado di omogeneità, dal livello di alterazione, dall'omogeneità e dalla dimensione dei granuli.

Di norma valori di resistività elevati corrispondono a terreni con granulometria piuttosto grossolana, mentre valori di resistività bassi indicano terreni costituiti prevalentemente da materiale a granulometria fine.

Le condizioni sopracitate, omogeneità dei terreni, piani di separazione regolari ecc., nell'area investigata non sono sempre rispettate. Per questo motivo e per le caratteristiche intrinseche nel metodo geoelettrico la valutazione della resistività e degli

spessori delle singole unita', viene effettuata con un margine di incertezza che si aggira attorno al 10%.

Pur con questi limiti, che lasciano un certo grado di incertezza nell'interpretazione dell'area investigata, si ribadisce che l'indagine geoelettrica ha consentito di stabilire le principali caratteristiche geolitologiche del sottosuolo.

3 - CENNI SUI SONDAGGI ELETTRICI VERTICALI

I metodi di prospezione geofisica permettono la ricostruzione stratigrafica del sottosuolo sulla base di alcuni parametri fisici caratterizzanti gli strati del terreno.

Nella prospezione geoelettrica il parametro fisico che si intende determinare e' la resistivita' elettrica () delle formazioni rocciose che costituiscono il sottosuolo.

La resistivita' e' un parametro indipendente dalle caratteristiche geometriche della formazione litologica a cui si riferisce ed e' definito come la resistenza elettrica per unita' di volume, oppure come la maggiore o minore difficolta' che un terreno oppone al passaggio della corrente elettrica.

Ogni corpo roccioso presenta tuttavia un grande campo di variabilita' dei propri valori di resistivita'; questo dipende dal grado di omogeneita', dai livelli di alterazione e dal grado di fratturazione per rocce litoidi. Nel caso di terreni sciolti, quali i depositi alluvionali o fluvio-glaciali recenti, la resistivita' dipende dalla granulometria, dai fluidi in essi contenuti e dal contenuto dei sali disciolti.

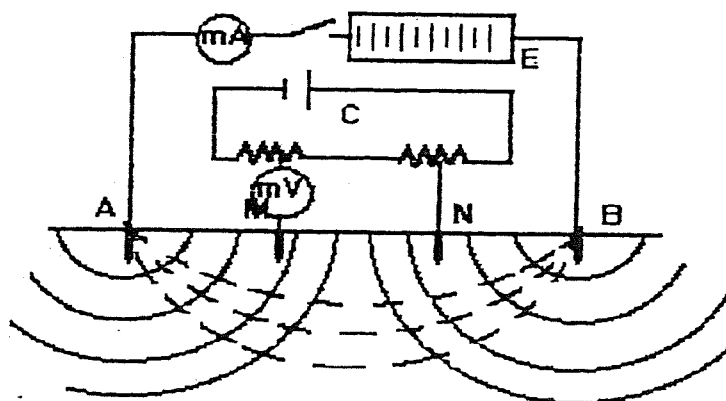
A questa regola fanno eccezione le argille che, che anche se compatte, hanno sempre valori di resistivita' estremamente bassi; questo e' dovuto principalmente alle caratteristiche del reticolo cristallino dei minerali che le compongono e dal loro grado di saturazione.

Per effettuare misure di resistivita' dei terreni sepolti del sottosuolo si e' utilizzata la tecnica del S.E.V. (Sondaggio Elettrico Verticale) che consiste in una serie di determinazioni di resistivita' effettuate con separazione crescente fra gli

elettrodi di corrente (A-B) e di potenziale (M-N), secondo il dispositivo a quattro elettrodi sotto schematizzato.

Attraverso i due elettrodi esterni A e B viene immessa nel terreno una corrente continua fornita da una serie di pile a secco o da generatore.

Per mezzo dei due elettrodi centrali M ed N viene misurata la differenza di potenziale indotta nel sottosuolo al passaggio di corrente tra A e B.



Dispositivo elettrico utilizzato

Le misure di differenza di potenziale (ddp) e di intensita' di corrente (I) vengono effettuate con strumenti di precisione, dotati di azzeratore dei potenziali spontanei esistenti nel terreno.

Da queste misure si ricava la resistivita' apparente () del terreno secondo la formula:

$$a = \frac{ddp}{I} * K$$

dove K indica una costante geometrica dello stendimento.

Per estendere le misure di resistivita' a strati via via piu' profondi, si aumenta la distanza fra gli elettrodi A e B; in tal modo le linee di corrente attraversano porzioni del sottosuolo sempre piu' profonde.

Riportando i valori di resistività apparente su un diagramma bilogaritmico si costruiscono le curve di resistività apparente in cui i valori di $AB/2$ sulle ascisse sono espressi in metri, mentre quelli di resistività, sulle ordinate, in $\text{ohm}\cdot\text{m}$.

Dalle curve di resistività così ottenute è possibile risalire ai valori delle resistività reali ed agli spessori degli strati, a diversa resistività, con l'ausilio di abachi di curve teoriche precalcolate per diverse combinazioni di due e tre strati.

Le curve vengono dapprima interpretate manualmente secondo il metodo del punto ausiliario e della sovrapposizione, successivamente si procede al controllo dell'interpretazione mediante calcolatore elettronico con l'utilizzo di un programma. I valori di resistività, riferiti alle singole unità, che di seguito sono espressi, sono quelli che risultano dal programma anzidetto.

4-RAPPRESENTAZIONE DEI DATI

Nell'allegato n. 4 (diagrammi di resistività) sono riportati graficamente i valori di resistività apparente ottenuti attraverso la misurazione di campagna (simbolo X), i valori di resistività apparente ottenuti attraverso l'interpretazione dei dati suddetti (simbolo linea continua) ed i valori di resistività reale con i rispettivi spessori (simbolo rette spezzate).

Affinché i dati interpretati siano il più possibile verosimili alla situazione litologica del sottosuolo occorre che la curva rappresentata dal tratto continuo ricopra i singoli simboli (X). Il fatto che non sempre vi sia questa sovrapposizione, dipende dai fattori esposti nel capitolo n. 2.

I valori di resistività e gli spessori delle singole unità, ottenuti dall'interpretazione delle curve di campagna, sono stati utilizzati per la ricostruzione stratigrafica del sottosuolo.

Nell'allegato n. 3 vengono schematicamente ricostruiti tre profili in cui sono riportati la posizione ed il numero d'ordine dei S.E.V. e le relative interpretazioni. Le singole interpretazioni sono collegate tra loro mediante linee che rappresentano le

superfici di separazione tra strati con valori di resistività diversi.

L'esame delle sezioni elettrostratigrafiche ha permesso di mettere in evidenza quattro unità elettricamente distinguibili:

a) Unità Superficiale

Tale unità si rinviene in tutti i sondaggi nei primi metri del sottosuolo, con spessore che si aggira fra 2 e 3 metri e con valori di resistività compresi fra 352 e 713 ohm*m a secondo della composizione del terreno e del grado di aerazione.

b) Unità resistiva superficiale

Questa unità è presente in modo continuo in tutto il sottosuolo dell'area investigata. I valori di resistività sono compresi fra 208 e 331 ohm*m con spessori che vanno da un minimo di 3.00 m (S.E.V. 1) ad un massimo di 4.60 m (S.E.V. 2). Nella parte più superficiale del S.E.V. 2, è presente un livello con valori di resistività maggiore (940 ohm*m).

Litologicamente l'unità in parola è da assimilare a delle ghiaie a matrice sabbiosa eventualmente con la presenza di livelletti di limi. L'aumento di resistività nella parte più superficiale del S.E.V. 2 è dovuta con molta probabilità ad una maggiore dimensione dei singoli ciottoli di ghiaia.

c) Unità altamente resistiva

Rinvenuta con continuità nell'area investigata, questa unità presenta valori di resistività molto alti e compresi fra 1792 e 1905 ohm*m. I suoi spessori risultano essere di circa 9.60 m., 11 m., 9 m. rispettivamente al di sotto dei S.E.V. 2 - 1 - 3. Litologicamente questa unità è rappresentata da materiale a granulometria piuttosto grossolana quali ghiaie con matrice sabbiosa e con totale assenza di circolazione idrica.

d) Unità resistiva di base

Rappresenta l'unità più profonda rinvenuta in questa fase di studio. Essa è caratterizzata da valori di resistività compresi fra 284 e 386 ohm*m. Di essa non si conosce lo spessore in quanto in nessun sondaggio si è riusciti ad attraversarla completamente.

Litologicamente questa unita' presenta le stesse caratteristiche dell'unita' resistiva superficiale precedentemente descritta.

5-CONCLUSIONI

Il sottosuolo dell'area oggetto di studio e' stato investigato attraverso l'esecuzione di 3 sondaggi elettrici verticali che ne hanno permesso la ricostruzione stratigrafica.

In particolare la ricostruzione delle sezioni elettrostratigrafiche ha permesso, attraverso l'analisi dei valori di resistivita', di individuare la presenza di quattro unita' distinguibili in: Unita' superficiale, Unita' resistiva superficiale, Unita' altamente resistiva e Unita' resistiva di base.

E' possibile osservare, sia da quanto riportato graficamente nell'allegato n. 3 che da quanto esposto nei capitoli precedenti, che in tutto il sottosuolo dell'area investigata sono rinvenibili terreni litologicamente costituiti da ghiaie grossolane e da ghiaie a matrice sabbiosa. Non e' esclusa la presenza di livelli di argilla non rilevabili dall'analisi geoelettrica in quanto di spessore assai ridotto.

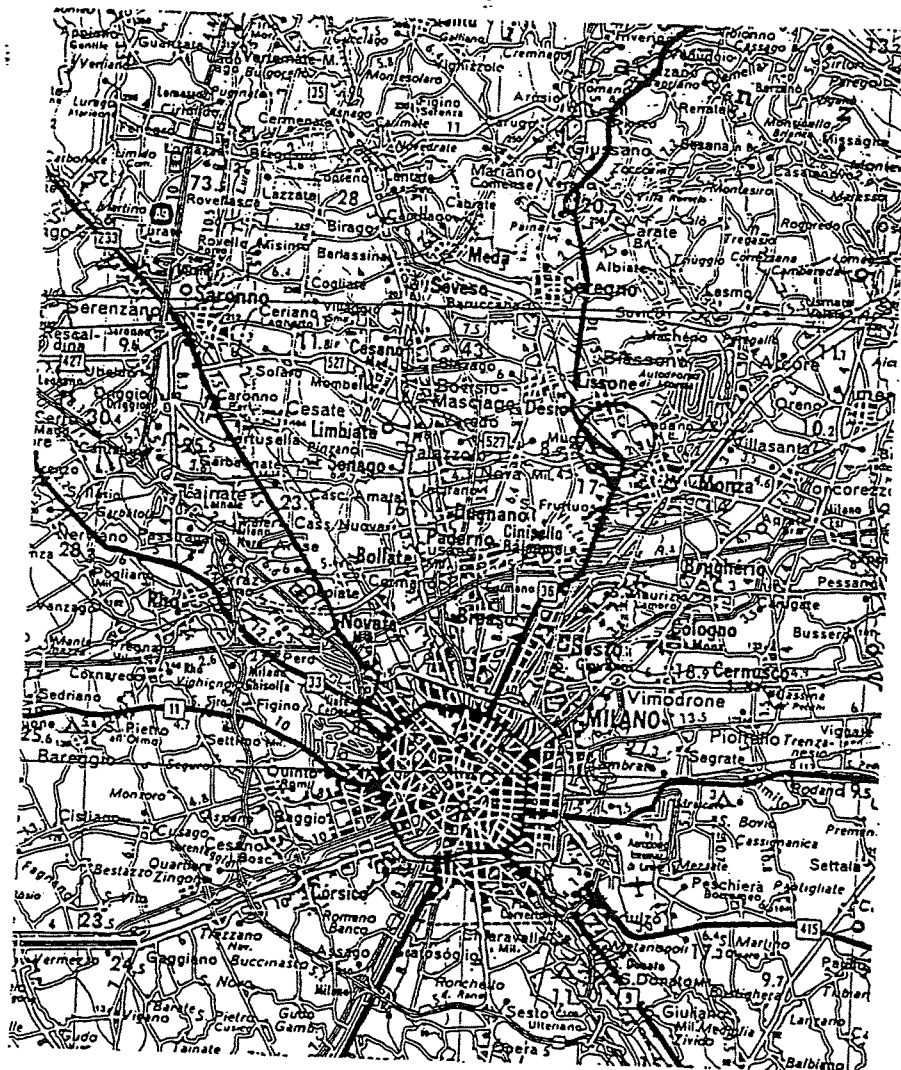




UBICAZIONE AREA DI INDAGINE

scala 1:300.000

All 1



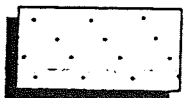
SEZIONI ELETTROSTRATIGRAFICHE



Unità' superficiale



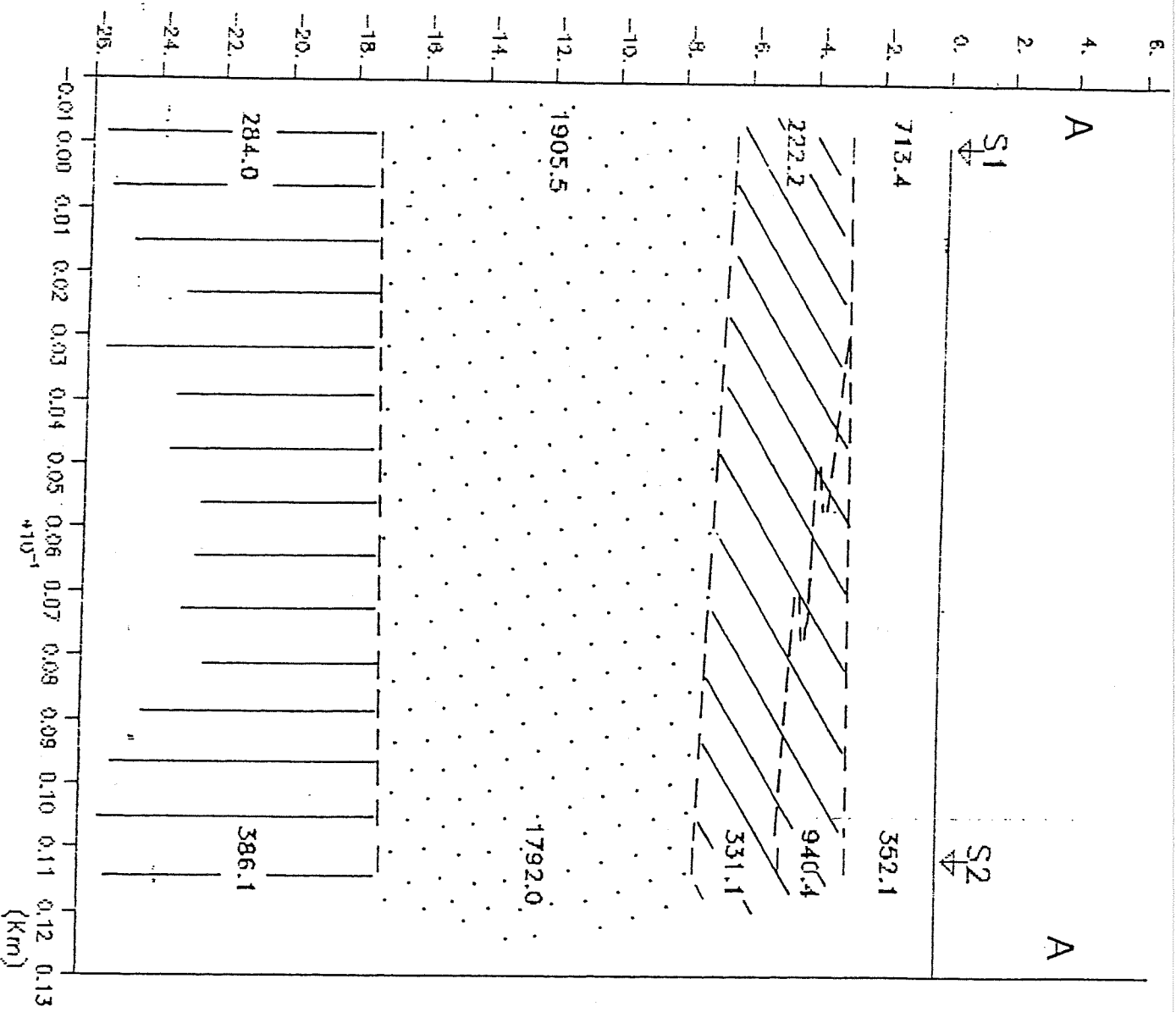
Unità' resistiva superficiale

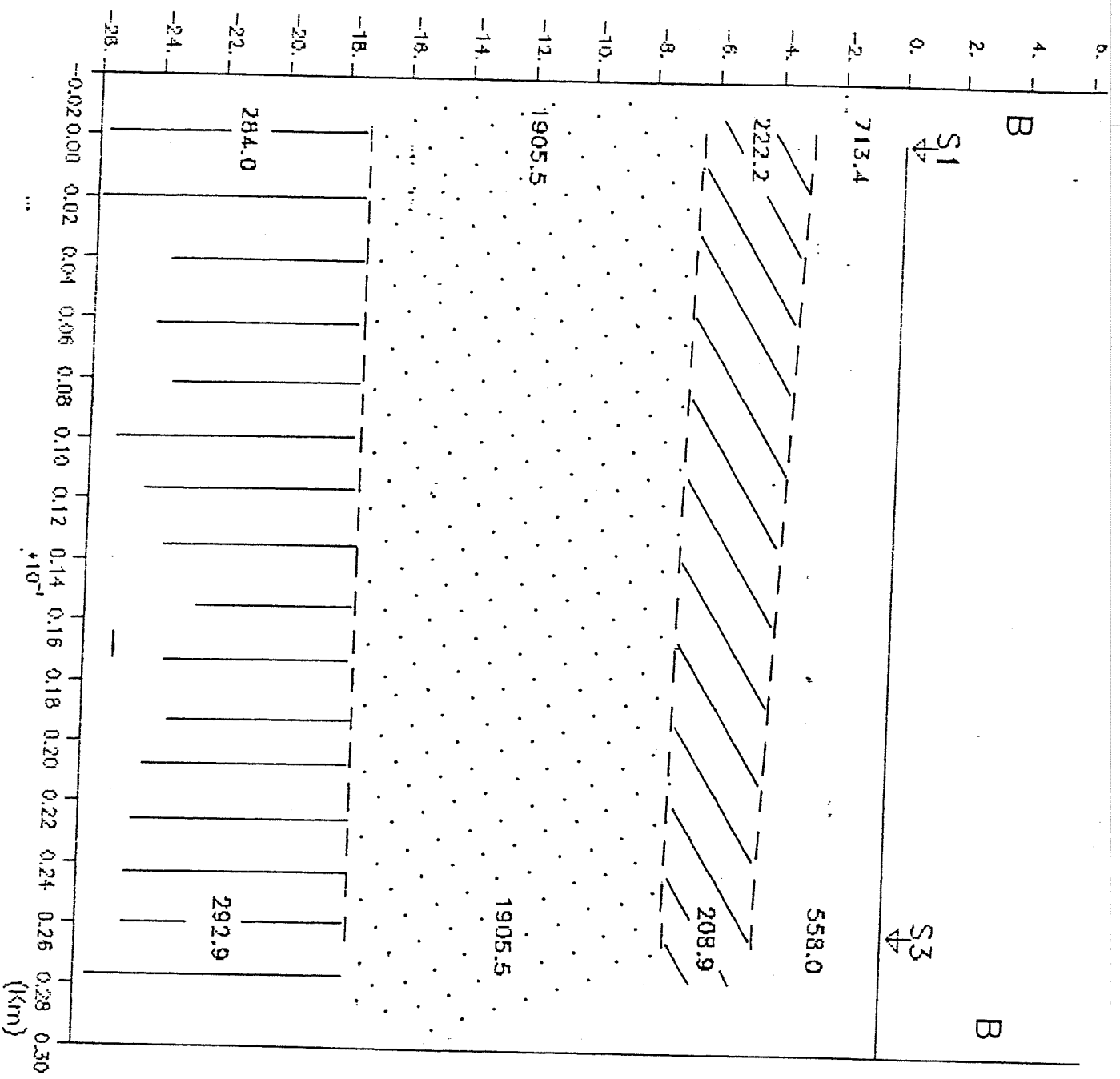


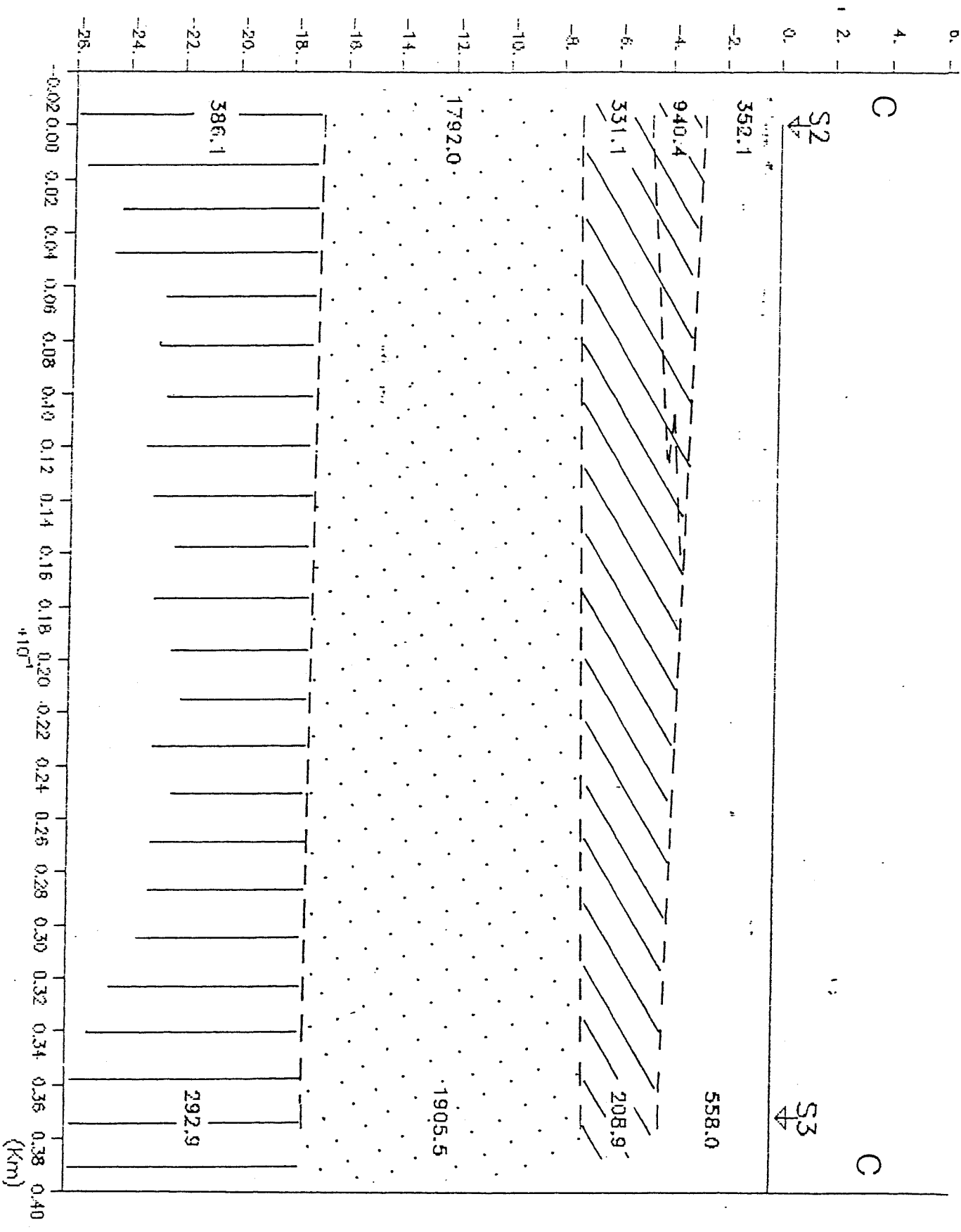
Unità' altamente resistiva



Unità' resistiva di base



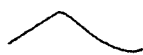




DIAGRAMMI DI RESISTIVITA'



Misure di campagna



Misure di resistività
interpretate



Modello del terreno

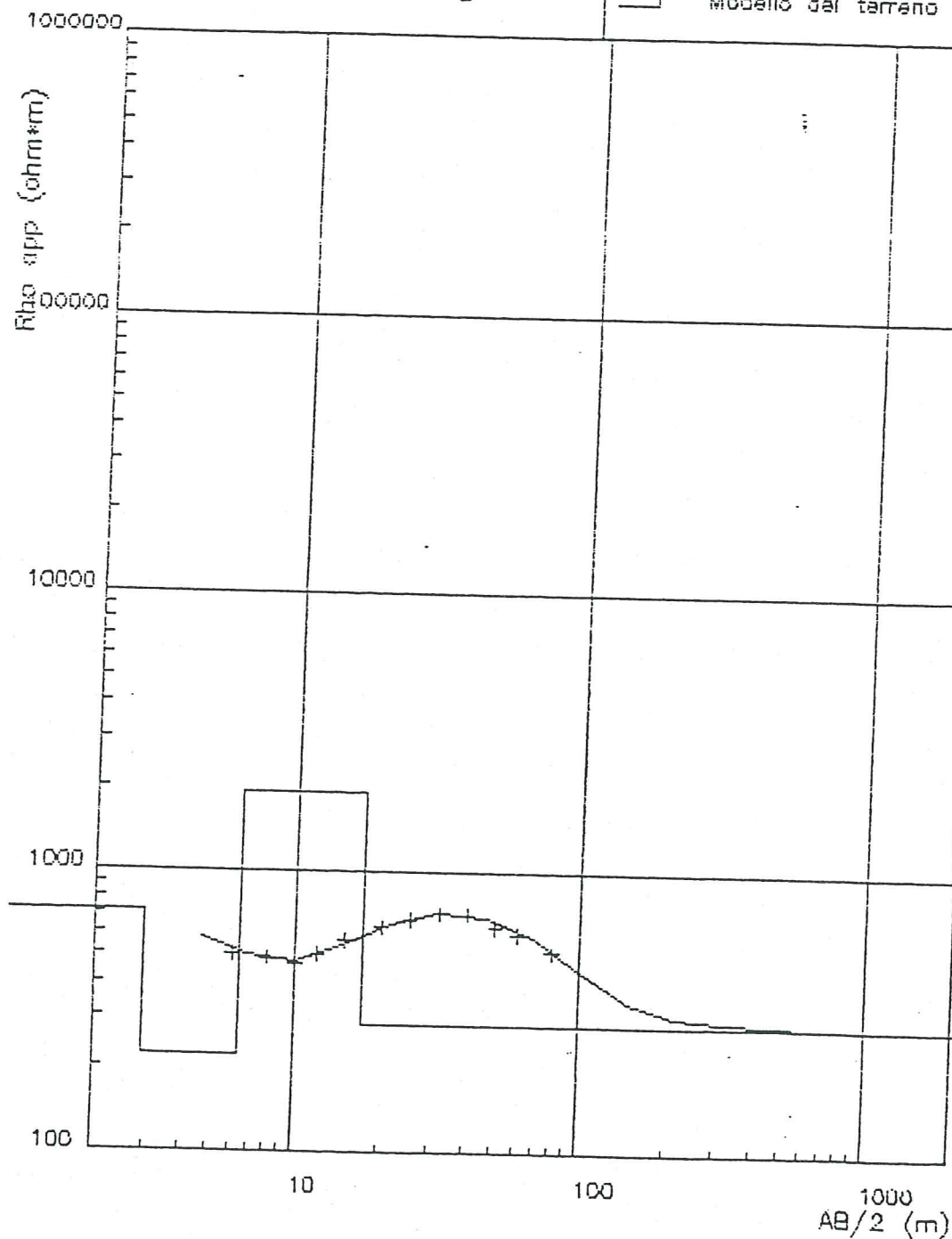
VB5C597469178

RICOSTRUZIONE STRATIGRAFICA
SONDAGGIO
ELETTRICO S1

MONZA

Quota: 0 m.s.l.m.
Direzione AB: 0 gradi N

+ Resistività misurate
— Resistività calcolata
— Modello del terreno



VB5C597459129

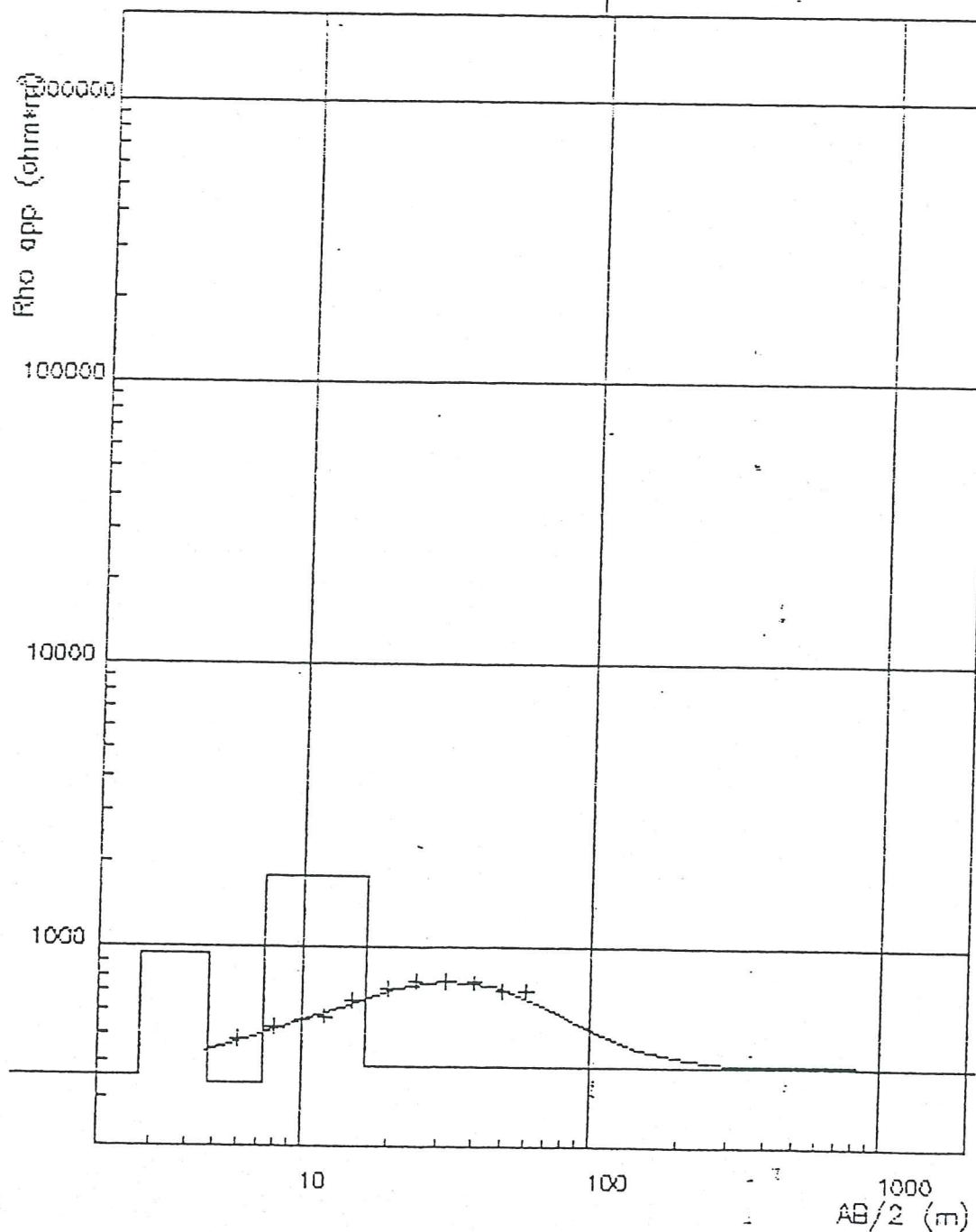
RICOSTRUZIONE STRATIGRAFICA
SONDAGGIO
ELETTRICO S2

MONZA

Quota: 0 m.s.l.m.

Direzione AB: 0 gradi N

- + Resistività misurate
- Resistività calcolata
- Modello del terreno



V B5C597 009166

RICOSTRUZIONE STRATIGRAFICA
SONDAGGIO
ELETTRICO S3

MONZA

Quota: 0 m.s.l.m.

Direzione AB: 0 gradi N

