

COMMISSARIO DELEGATO

EMERGENZA SISMA REGIONE EMILIA-ROMAGNA AI SENSI DELL'ART.1 COMMA 2 DEL D.L. N. 74/2012

STRUTTURA TECNICA COMMISSARIO DELEGATO

REGIONE EMILIA-ROMAGNA
REALIZZAZIONE DEI LAVORI DI RIPRISTINO E
MIGLIORAMENTO SISMICO DELL'ARCHIVIO STORICO
DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA IN VIA MARCONI
N.3-5-7 A SAN GIORGIO DI PIANO (BO)

PROGETTO PRELIMINARE



COMMITTENTE

SERVIZIO PATRIMONIO RER

Responsabile: Ing. Giuseppe Simoni

Collaboratori: Ing. Andrea Samoggia
Geom. Sandra Sangiorgi

R.U.P.

Ing. Mauro Monti

PROGETTISTA

Arch. Alfiero Moretti

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

Ing. Dario Benedetto
Ing. Rudy Bertaccini
Ing. Andrea Bucchi
Ing. Davide Parisi
Ing. Silvia Valenti

ELABORATO:

RELAZIONE GEOLOGICO - GEOTECNICA

Bologna, NOVEMBRE 2015

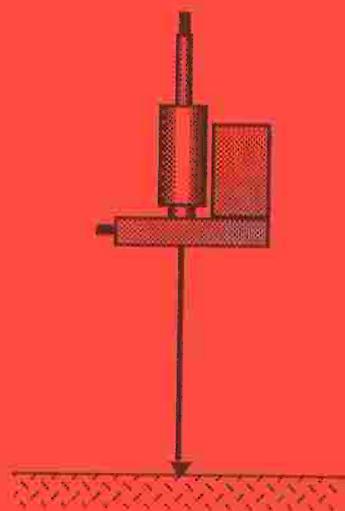
SCALA:

TAV.

2

Dott. Geol. Scannavini Germano

Relazione Tecnica



Studio: Via Porrettana, 445 - 40033 Casalecchio di Reno (BO) - tel. e fax. 695.13.48

Comune di San Giorgio in Piano (Bologna)

STUDIO GEOLOGICO-GEOTECNICO RELATIVO ALLA RISTRUTTURAZIONE DI UN EDIFICIO INDUSTRIALE.

Proprietà: Regione Emilia Romagna.
Viale Aldo Moro,52
Bologna

RELAZIONE TECNICA

Settembre 1999



Sommario

1. Premessa.....	3
2. Inquadramento geologico e geomorfologico.....	3
3. Caratteristiche geotecniche dei terreni.....	4
4. Tipologia delle fondazioni.....	5
5. Analisi dei cedimenti indotti nel terreno.....	6
6. Conclusioni.....	8

Allegati:

1. Ubicazione dell'area.
2. Planimetria ed ubicazione delle prove.
3. Certificati delle prove.
4. Elaborazioni per il calcolo dei cedimenti.
5. Certificati di laboratorio.

1.Premessa.

Su incarico della Regione Emilia Romagna si è eseguita una indagine geologico-tecnica relativa ai terreni siti in via Marconi in Comune di San Giorgio in Piano, Bologna.

In accordo con il progettista lo studio dei terreni è stato eseguito in tre fasi distinte.

Il primo intervento è stato espletato mediante 5 prove penetrometriche statiche eseguite dalla Ditta C.M.S. Servizi geologici di Budrio (Bo) in data 10 giugno 1999.

Il secondo eseguendo un sondaggio geognostico a carotaggio continuo con prelievo di un campione indisturbato ed altri semi-disturbati. Questo intervento è stato effettuato dalla Ditta Pergeo di Copparo (Fe) in data 14 luglio 1999.

L'ultima fase è consistita nel sottoporre il campione indisturbato e quelli semi-disturbati ad analisi di laboratorio per determinare i parametri ritenuti più congrui per lo studio delle caratteristiche meccaniche dei terreni in oggetto.

Alcune analisi, tra cui si ricorda la prova edometrica per la determinazione del modulo edometrico E, vista la loro complessità, sono state affidate ad un laboratorio geotecnico specializzato, nella fattispecie alla ditta C.G.G.di Pontecchio Marconi (Bo).

Le altre analisi sono state eseguite in proprio dallo scrivente.

Inoltre è stato richiesto dalla Proprietà di verificare se le attuali fessure tra il tetto ed i muri esterni sono da imputare o meno ad un cedimento delle fondazioni.

Per l'ubicazione del sito e l'inquadramento geologico si sono utilizzati il **Foglio n°87 "Bologna" della carta geologica d'Italia a scala 1:100.000** edita dal Servizio Geologico d'Italia, la **sezione n°203130 "San Giorgio di Piano" a scala 1:10.000** e l'**elemento n°203131 "San Giorgio di Piano" a scala 1:5.000** edite entrambe della Regione Emilia Romagna, ed il mappale n° 80 del foglio n°28 del NCU.

2.Inquadramento geologico e morfologico.

L'area di studio è situata nella pianura bolognese sui depositi alluvionali in destra orografica del Fiume Reno.

Le litologie presenti nel sottosuolo sono date prevalentemente da depositi a granulometria fine (sabbie, sabbie limose, argille limose ed argille s.l.)

Il territorio limitrofo all'area si presenta pianeggiante con immersione verso NNE con quote sul livello del mare che variano da circa 22 m, nel settore meridionale dell'area, a circa 13 m nei pressi dell'abitato di Bentivoglio.

La quota del sito oggetto dello studio è pari a 19 m sul livello del mare.

L'idrografia superficiale nelle immediate vicinanze dell'area è data da una serie di canali artificiali tra cui si ricorda lo Scolo Calcaterra che converge verso il Canale Emiliano Romagnolo.



Quest'ultimo costituisce l'elemento idrografico più rilevante della zona.

Dalle indagini eseguite si è rinvenuta la falda superficiale alla profondità di circa 17,0 m s.l.m, la soggiacenza della falda, cioè il dislivello tra la quota media del terreno ed il tetto della superficie superiore dell'acquifero è circa 2,0 m, compatibile con la tipologia e morfologia dei depositi di quest'area.

Infine questi sedimenti danno origine a suoli con pendenza che varia da 0,1 a 0,3%. Si tratta di suoli molto profondi a tessitura media con una buona disponibilità di ossigeno, calcarei e moderatamente alcalini.

3.Caratteristiche geotecniche dei terreni.

Le 5 prove CPT sono state effettuate mediante un penetrometro statico da 12 tonnellate ed hanno raggiunto la profondità di 10 m, la prima, 11,0 m la seconda, 10,40 m la terza, 8,60 m la quarta ed infine 11,00 m la quinta. Tutte le profondità riportate si intendono dal p.c. attuale. Per le prove 4 e 5 è stato necessario eseguire un pre-foro di circa 0,40 cm. Nelle prove 1, 2, 4 e 5 mediante un freaticometro è stata riscontrata la presenza della falda alla quota di circa 2,0 m dal p.c.

Nella prova n°3 questo non è stato possibile in quanto il foro, all'atto dell'estrazione delle aste è franato alla quota di - 1,90 m dal p.c.

Inoltre all'interno del foro delle prova n° 1 e n° 4 sono stati inseriti due piezometri (uno per prova) per il monitoraggio dell'escursione stagionale della falda.

Il sondaggio a carotaggio continuo ha permesso l'osservazione diretta del terreno esistente. Il documento finale di queste indagini è rappresentato dalla stratigrafia che è riassunta in tab.1 (la stratigrafia completa è riportata all'interno degli allegati a questa relazione).

Profondità	Stratigrafia
0,00÷0,50	Stabilizzato
0,50÷1,10	Limo sabbioso nocciola
1,10÷1,50	Sabbia fine debolmente limosa
1,50÷2,00	Camp. indistur. Limo argilloso
2,00÷2,50	Sabbia limosa nocciola
2,50÷3,80	Argilla grigio marrone
3,80÷9,50	Sabbie
9,50÷10,50	Argilla grigio azzurra

Tabella 1: stratigrafia essenziale del sondaggio.

Dall'interpretazione delle prove CPT è stata dedotta una possibile stratigrafia del

terreno che sostanzialmente è in accordo con quella ricavata dal sondaggio. Inoltre, sono stati sottoposti ad analisi di laboratorio per determinare il peso di volume, il modulo edometrico E, il coefficiente di consolidazione Cv ed il coefficiente di permeabilità K, due campioni il primo indisturbato prelevato nei terreni posti al disotto dell'attuale piano fondale ed il secondo, semi-disturbato, posto a circa 10 m di profondità.

Per semplicità e chiarezza i parametri ricavati dalle prove di laboratorio effettuate dallo scrivente sono raccolte in tabella 2 (il loro valore numerico è raccolto in una serie di allegati posti in calce alla relazione):

Cu	coesione non drenata	g	peso di volume umido
Cr	coesione residua	gd	peso di volume secco
Wn	umidità naturale	n	porosità
Wsat	acqua di saturazione	e	indice di porosità
S	grado di saturazione	ns	% di sostanza solida
nw	% di acqua	na	% di aria

Tabella 2: parametri ricavati dalle prove di laboratorio effettuate dallo scrivente.

4. Tipologia delle fondazioni.

Lo studio sul tipo di fondazione esistente e su quella da adottare nella ristrutturazione è stata divisa in due parti.

Nella prima si è verificato se i carichi esistenti fossero compatibili con il tipo di fondazione. Il tipo di fondazione è stato definito mediante alcuni saggi in aderenza alle principali strutture murarie che hanno messo in evidenza l'apparato fondale che è costituito da una **trave rovescia di circa 1,20 m di larghezza e posta ad una profondità di circa 1,50 m dal piano campagna**. Questi saggi sono stati eseguiti prima che lo scrivente assumesse l'incarico per la realizzazione di questo studio.

Nella seconda parte si è calcolato il carico ammissibile per la nuova pavimentazione in cemento armato che si è assimilata ad una fondazione a platea di spessore 30 cm.

Il carico unitario ammissibile è stato verificato mediante la seguente relazione fondamentale:

$$Q_{amm} = Q_d / F$$

dove:

$$Q_d = c \cdot N_c + \gamma \cdot D \cdot N_q + \gamma \cdot (B/2) \cdot N_\gamma \quad [1]$$



$$Q_d = (1+0,2*B/L)*c*N_c + \gamma*D*N_q + \gamma*(1-0,2*B/L)*(B/2)*N_\gamma \quad [2]$$

L'espressione [1] è stata utilizzata per il calcolo di Q_d nel caso di una fondazione superficiale a trave rovescia, mentre la [2] nel caso di una fondazione superficiale a platea.

I parametri utilizzati nelle due espressioni precedenti hanno il seguente significato:

F = coefficiente di sicurezza pari a 3, c = coesione s.l. in Kg/cm^2 ,

N_c = coefficiente calcolato in funzione di \varnothing , angolo di attrito interno,

N_γ = coefficiente calcolato in funzione di \varnothing , angolo di attrito interno,

N_q = coefficiente calcolato in funzione di \varnothing , angolo di attrito interno,

γ = peso del terreno ,

D = profondità del piano di posa della fondazione in m

B = larghezza della fondazione,

L = lunghezza della fondazione.

Il parametro C_u è stato ricavato dalla media dei valori emersi dall'elaborazioni delle prove CPT ($C_u = [R_p - \gamma*h]/15$) e delle analisi di laboratorio.

In queste condizioni il valore del carico d'esercizio calcolato con l'espressione [1] è pari a **1,4 Kg/cm^2 (136,0 KN/m^2)**.

Di concerto con il progettista si ritiene soddisfacente questo valore soprattutto alla luce dei carichi trasmessi dalla struttura esistente.

La nuova pavimentazione, come già accennato, è stata assimilata ad una platea il cui valore del carico d'esercizio calcolato con l'espressione [2] è pari a **1,3 Kg/cm^2 (125,7 KN/m^2)**.

Le differenze che emergono tra i due valori di Q_d ricavati dalle [1 e 2] sono da imputare a alla differente tipologia di fondazione considerata e dalla diversa profondità del piano di posa della stessa.

5. Analisi dei cedimenti indotti nel terreno.

Per il calcolo della distribuzione delle pressioni nel sottosuolo, e conseguentemente dei cedimenti indotti, si è fatto uso del metodo di Steinbrenner, che definisce la distribuzione delle tensioni nel semispazio di un corpo solido limitato superiormente da una superficie piana sulla quale sono applicati i carichi.

Si ipotizza che il materiale che costituisce il sottosuolo sia isotropo ed omogeneo. Questa ipotesi è valida solo in terreni molto addensati o sovraconsolidati mentre nel caso di terreni stratificati l'ipotesi si mantiene valida solo se si fa riferimento ai singoli strati.

Il metodo di Steinbrenner consente di valutare l'ammontare dei cedimenti indotti nel sottosuolo sulla verticale degli spigoli della fondazione; qualora si vogliano calcolare le

pressioni al disotto di punti posti in posizioni diverse si ricorre alla soluzione di Ohde. Se il punto si trova all'interno della fondazione, questa viene scomposta in rettangoli con vertice comune nel punto che interessa e si sommano algebricamente le tensioni calcolate per lo spigolo comune. Se il punto è esterno alla fondazione il procedimento è analogo (figura 1a e 1b).

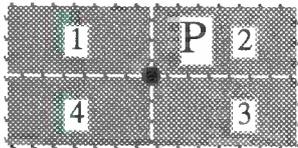


Figura 1a le pressioni in P sono date dalla somma delle pressioni sotto la stessa verticale considerata come spigolo delle lastre 1+4 in cui si è suddiviso il corpo maggiore.

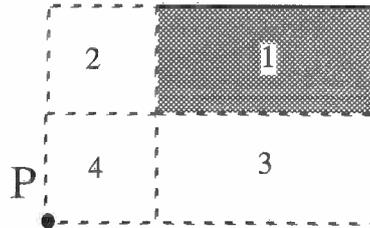


Figura 1b l'effetto in P sarà dato dalla somma algebrica degli effetti elementari. Il cedimento in P = Cedi.1- Cedi.2- Cedi.3+ Cedi.4

Nel caso della fondazione dell'edificio in oggetto si è fatto riferimento a **una fondazione superficiale a trave di larghezza 1,20 m e posta ad una profondità di circa 1,50 m dal piano campagna.**

Si ritiene che i cedimenti indotti nel sottosuolo dalla fondazione esistente siano ormai nulli in quanto del tutto "dissipati" nel periodo di tempo intercorso dalla costruzione dell'edificio ad oggi.

Nell'ambito della ristrutturazione verrà completamente ricostruita l'attuale pavimentazione per adeguarla alla nuova destinazione d'uso.

Per fare ciò si sovrapporrà alla attuale struttura una nuova pavimentazione costituita da elementi di calcestruzzo armato costruiti in opera e di dimensioni approssimativamente di 10 x 10 m e di spessore pari a 0,30 m che trasmette un carico di esercizio pari a 0,24 kg/cm². Di questa struttura sono stati verificati i cedimenti indotti nel sottosuolo (tabella 3).

I parametri utilizzati in questo studio sono quelli emersi dalle analisi di laboratorio e dalle elaborazioni delle prove CPT.

Infine dall'analisi dei cedimenti emerge che i **cedimenti differenziali** lungo le varie direzioni prescelte non hanno valori apprezzabili (tabella 3).

Da quest'ultima affermazione discende che la distorsione angolare della struttura dovuta ai cedimenti differenziali, definita come:

$$\delta / \Delta l$$

dove

δ = cedimento differenziale di due punti,



Δl = distanza tra i due suddetti punti misurata in orizzontale, risulta sempre di un ordine di grandezza minore rispetto al limite massimo di tolleranza.

Infine in risposta al quesito posto e riportato in premessa, in base a quanto si è potuto osservare, non si ritiene che il distacco tra le pareti esterne e la copertura sia da imputare a cedimenti del terreno.

Cedimento in cm.	Punto di calcolo	Distanza tra i punti di calcolo	Distorsione angolare
2,08	A	A-C = 40 m	0,00013
4,06	B	A-B = 20 m	0,00099
1,56	C	B-C = 20 m	0,00125
1,72	D	D-F = 40 m	0,00002
4,05	E	D-E = 20 m	0,00117
1,80	F	E-F = 40 m	0,00112

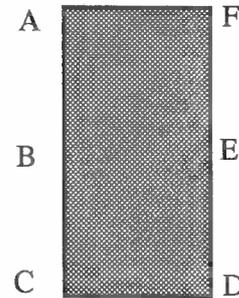


Tabella 3: per quanto non riportato nel testo si fa riferimento alla figura a fianco che rappresenta la nuova pavimentazione.

6. Conclusioni.

Su incarico della Regione Emilia Romagna si è eseguita una indagine geologico-tecnica relativa ai terreni siti in via Marconi in Comune di San Giorgio in Piano, Bologna.

Lo studio dei terreni è stato eseguito in tre fasi distinte.

Il primo intervento è stato espletato mediante 5 prove penetrometriche statiche eseguite dalla Ditta C.M.S. Servizi geologici di Budrio (Bo) in data 10 giugno 1999.

Il secondo eseguendo un sondaggio geognostico a carotaggio continuo con prelievo di un campione indisturbato ed alcuni altri semi-disturbati. Questo intervento è stato effettuato dalla Ditta Pergeo di Copparo (Fe) in data 14 luglio 1999.

L'ultima fase è consistita nel sottoporre il campione indisturbato e quelli semi-disturbati ad analisi di laboratorio per determinare, i parametri ritenuti più congrui per lo studio delle caratteristiche meccaniche dei terreni in oggetto.

Le analisi per la determinazione del modulo edometrico, vista la loro complessità, sono state affidate ad un laboratorio geotecnico specializzato, nella fattispecie alla ditta C.G.G. di Pontecchio Marconi (Bo).

Tutte le altre analisi sono state eseguite in proprio dallo scrivente.

Dalle prove geognostiche e dalle analisi di laboratorio si sono ricavati i parametri meccanici ritenuti più idonei per la caratterizzazione del sottosuolo.

Infine si è provveduto a calcolare il valore dei cedimenti mediante il metodo di

Steinbrenner in un semispazio elastico ed omogeneo.

I risultati di questi calcoli dimostrano che la struttura esistente e la nuova pavimentazione non generano cedimenti incompatibili con il tipo di utilizzo che verrà fatto dell'edificio.

Infine in risposta al parere di cui in premessa, a parere dello scrivente, il distacco tra tetto e muro non è imputabile all'apparato fondale.

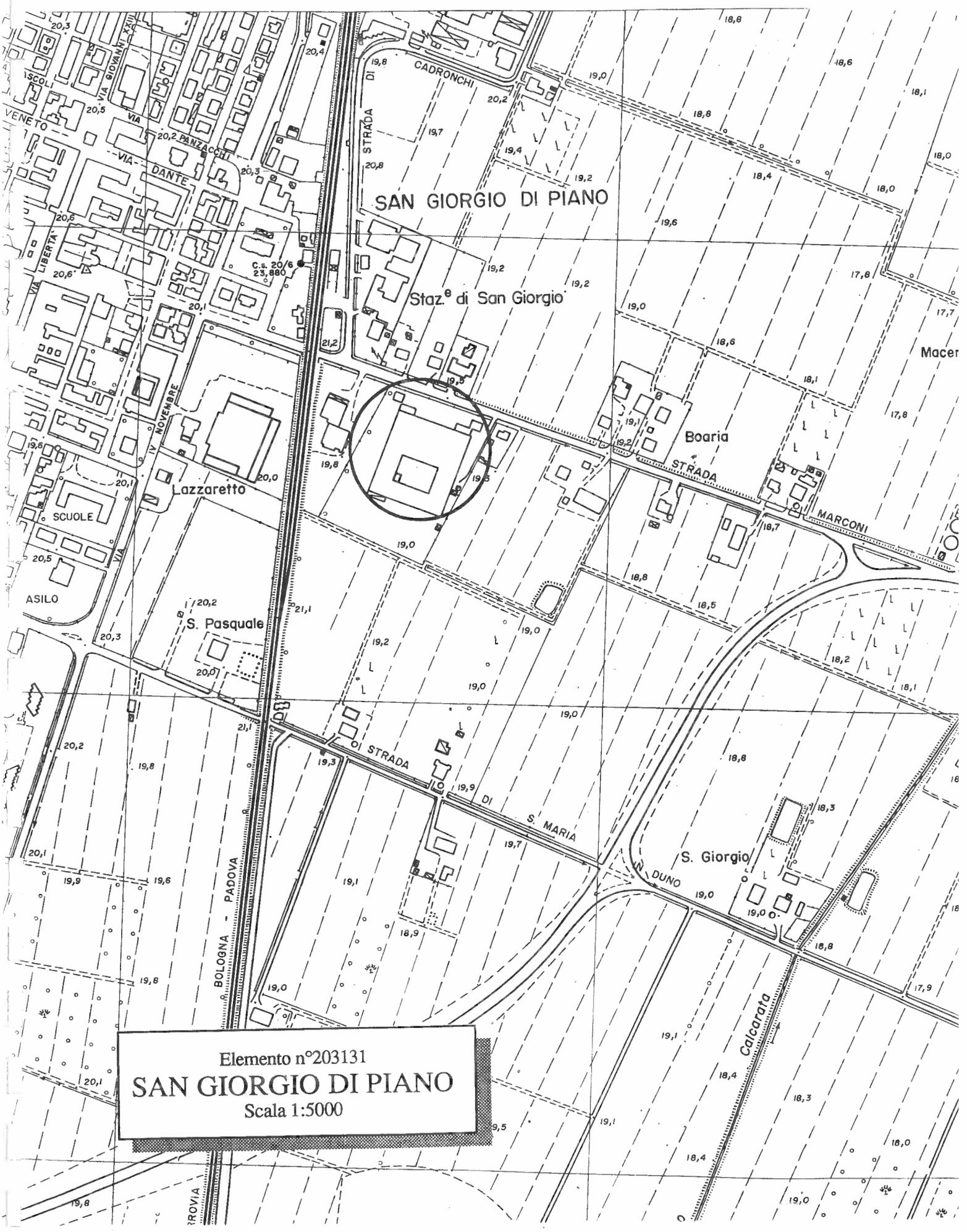


Dott. Geol. Germano Scannavini

Germano Scannavini

Allegati

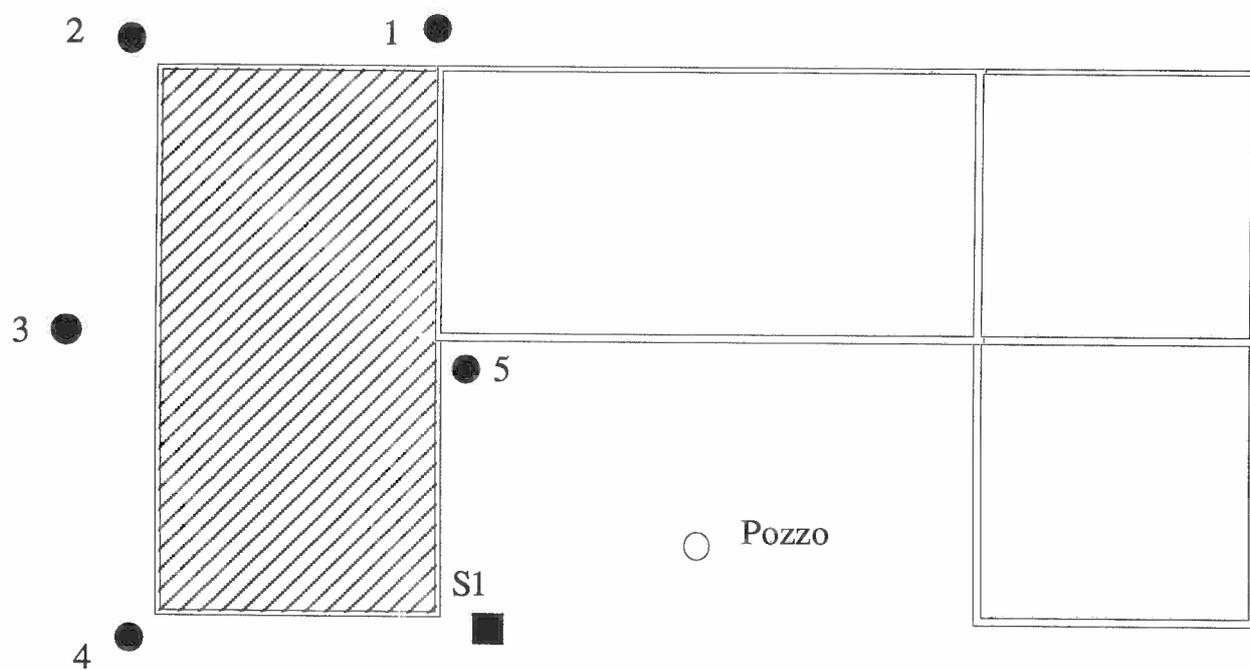
Ubicazione dell'area



Elemento n°203131
SAN GIORGIO DI PIANO
Scala 1:5000

Planimetria dell'area ed ubicazione delle prove

Planimetria ed ubicazione delle prove



Legenda:

- CPT, prova penetrometrica statica.
- Sondaggi geognostici a carotaggio continuo
- ▨ Area interessata all'intervento di ristrutturazione

Scala 1:530

Certificati delle prove

Proprietà: Regione Emilia Romagna

Prova Penetrometrica Statica n°1

Data: 10.06.1999

Loc.: San Giorgio di Piano (Bo) Via Marconi - Archivio Regionale

Prof ml	Resistenza di punta					Resistenza laterale		Rapporto qc/fs				
	10	20	30	40	50	1.00	2.00	A	L	S	SG	
0.20	36.0					1.60						22.5
0.40	36.0					0.80						45.0
0.60	30.0					1.60						18.8
0.80	10.0					3.47						2.9
1.00	28.0					1.87						15.0
1.20	39.0					1.47						26.6
1.40	27.0					1.73						15.6
1.60	15.0					2.00						7.5
1.80	22.0					1.53						14.3
2.00	15.0					1.27						11.8
2.20	11.0					0.67						16.5
2.40	10.0					0.73						13.6
2.60	11.0					0.80						13.8
2.80	15.0					1.00						15.0
3.00	19.0					1.33						14.2
3.20	20.0					1.60						12.5
3.40	22.0					1.80						12.2
3.60	27.0					1.93						14.0
3.80	27.0					2.40						11.2
4.00	29.0					2.20						13.2
4.20	25.0					1.87						13.4
4.40	15.0					0.93						16.1
4.60	15.0					0.67						22.5
4.80	14.0					0.80						17.5
5.00	15.0					0.80						18.8
5.20	14.0					0.87						16.2
5.40	14.0					0.80						17.5
5.60	18.0					0.80						22.5
5.80	14.0					0.47						30.0
6.00	30.0					0.27						112.5
6.20	34.0					0.93						36.4
6.40	15.0					0.93						16.1
6.60	13.0					1.13						11.5
6.80	9.0					0.40						22.5
7.00	15.0					0.47						32.1
7.20	9.0					0.60						15.0
7.40	10.0					0.80						12.5
7.60	15.0					0.53						28.1
7.80	10.0					0.53						18.8
8.00	7.0					0.67						10.5
8.20	11.0					1.07						10.3
8.40	12.0					1.13						10.6
8.60	12.0					1.13						10.6
8.80	8.0					0.80						10.0
9.00	9.0					1.13						7.9
9.20	9.0					1.00						9.0
9.40	11.0					1.00						11.0
9.60	11.0					1.07						10.3
9.80	12.0					1.00						12.0
10.00	10.0					1.00						10.0



Proprietà: Regione Emilia Romagna

Prova Penetrometrica Statica n°2

Data: 10.06.1999

Loc.: San Giorgio di Piano (Bo) Via Marconi - Archivio Regionale

Prof ml	Resistenza di punta					Resistenza laterale		Rapporto qc/fs				
	10	20	30	40	50	1.00	2.00	A	L	S	SG	
0.20	34.0					2.07		16.5				
0.40	34.0					2.33		14.6				
0.60	24.0					2.20		10.9				
0.80	13.0					1.67		7.8				
1.00	14.0					1.40		10.0				
1.20	15.0					1.20		12.5				
1.40	14.0					1.20		11.7				
1.60	11.0					1.07		10.3				
1.80	14.0					0.93		15.0				
2.00	8.0					0.80		10.0				
2.20	8.0					0.67		12.0				
2.40	7.0					0.80		8.8				
2.60	17.0					1.40		12.1				
2.80	22.0					2.13		10.3				
3.00	22.0					1.93		11.4				
3.20	22.0					2.27		9.7				
3.40	26.0					2.40		10.8				
3.60	26.0					2.80		9.3				
3.80	28.0					2.73		10.2				
4.00	31.0					2.73		11.3				
4.20	26.0					1.93		13.4				
4.40	14.0					1.60		8.8				
4.60	26.0					0.60		43.3				
4.80	15.0					0.80		18.8				
5.00	9.0					0.40		22.5				
5.20	15.0					0.60		25.0				
5.40	11.0					0.73		15.0				
5.60	13.0					0.33		39.0				
5.80	10.0					0.67		15.0				
6.00	12.0					0.60		20.0				
6.20	18.0					0.47		38.6				
6.40	17.0					0.53		31.9				
6.60	10.0					0.40		25.0				
6.80	12.0					0.40		30.0				
7.00	12.0					0.53		22.5				
7.20	12.0					0.87		13.8				
7.40	14.0					1.07		13.1				
7.60	14.0					0.80		17.5				
7.80	10.0					0.87		11.5				
8.00	12.0					1.00		12.0				
8.20	11.0					0.87		12.7				
8.40	12.0					0.73		16.4				
8.60	14.0					0.80		17.5				
8.80	12.0					0.73		16.4				
9.00	12.0					0.93		12.9				
9.20	10.0					1.00		10.0				
9.40	10.0					0.93		10.7				
9.60	14.0					0.93		15.0				
9.80	14.0					1.07		13.1				
10.00	9.0					0.53		16.9				
10.20	8.0					1.33		6.0				
10.40	8.0					1.13		7.1				
10.60	16.0					1.27		12.6				
10.80	10.0					1.00		10.0				
11.00	9.0					1.00		9.0				



Proprietà: Regione Emilia Romagna

Prova Penetrometrica Statica n°3

Data: 10.06.1999

Loc.: San Giorgio di Piano (Bo) Via Marconi - Archivio Regionale

Prof ml	Resistenza di punta					Resistenza laterale		Rapporto qc/fs			
	5	10	15	20	25	1.00	2.00	A	L	S	SG
0.20	12.0					0.80		15.0			
0.40	12.0					1.40		8.6			
0.60	21.0					2.00		10.5			
0.80	14.0					0.73		19.1			
1.00	11.0					1.13		9.7			
1.20	11.0					0.80		13.8			
1.40	9.0					0.67		13.5			
1.60	11.0					0.80		13.8			
1.80	14.0					1.07		13.1			
2.00	14.0					0.87		16.2			
2.20	8.0					0.40		20.0			
2.40	10.0					0.40		25.0			
2.60	8.0					0.47		17.1			
2.80	8.0					0.67		12.0			
3.00	11.0					0.93		11.8			
3.20	18.0					1.33		13.5			
3.40	20.0					1.60		12.5			
3.60	21.0					1.67		12.6			
3.80	22.0					1.20		18.3			
4.00	25.0					1.73		14.4			
4.20	30.0					2.27		13.2			
4.40	26.0					1.07		24.4			
4.60	11.0					1.40		7.9			
4.80	10.0					1.00		10.0			
5.00	11.0					0.53		20.6			
5.20	28.0					0.60		46.7			
5.40	14.0					0.73		19.1			
5.60	11.0					1.60		6.9			
5.80	24.0					0.87		27.7			
6.00	18.0					0.67		27.0			
6.20	17.0					0.80		21.2			
6.40	14.0					0.47		30.0			
6.60	8.0					1.00		8.0			
6.80	15.0					0.67		22.5			
7.00	24.0					0.93		25.7			
7.20	22.0					0.67		33.0			
7.40	28.0					1.47		19.1			
7.60	30.0					0.73		40.9			
7.80	23.0					1.33		17.2			
8.00	10.0					1.07		9.4			
8.20	10.0					1.20		8.3			
8.40	10.0					1.33		7.5			
8.60	14.0					1.27		11.1			
8.80	9.0					0.73		12.3			
9.00	8.0					0.80		10.0			
9.20	7.0					0.80		8.8			
9.40	10.0					1.13		8.8			
9.60	10.0					0.93		10.7			
9.80	15.0					1.13		13.2			
10.00	15.0					1.33		11.2			
10.20	15.0					1.47		10.2			
10.40	14.0					1.47		9.5			



Proprietà: Regione Emilia Romagna

Prova Penetrometrica Statica n°4

Data: 10.06.1999

Loc.: San Giorgio di Piano (Bo) Via Marconi - Archivio Regionale

Prof ml	Resistenza di punta					Resistenza laterale		Rapporto qc/fs				
	10	20	30	40	50	1.00	2.00	A	L	S	SG	
0.60	16.0					2.00		8.0				
0.80	16.0					1.20		13.3				
1.00	10.0					1.13		8.8				
1.20	9.0					1.07		8.4				
1.40	14.0					0.33		42.0				
1.60	10.0					1.53		6.5				
1.80	8.0					1.07		7.5				
2.00	7.0					0.80		8.8				
2.20	7.0					0.80		8.8				
2.40	7.0					1.13		6.2				
2.60	14.0					1.53		9.1				
2.80	17.0					1.73		9.8				
3.00	22.0					2.13		10.3				
3.20	22.0					2.47		8.9				
3.40	21.0					2.13		9.8				
3.60	24.0					2.27		10.6				
3.80	26.0					2.53		10.3				
4.00	20.0					1.73		11.5				
4.20	14.0					1.47		9.5				
4.40	18.0					2.40		7.5				
4.60	18.0					1.40		12.9				
4.80	28.0					1.33		21.0				
5.00	30.0					1.47		20.5				
5.20	50.0					0.67		75.0				
5.40	44.0					2.27		19.4				
5.60	30.0					1.33		22.5				
5.80	24.0					0.80		30.0				
6.00	38.0					0.67		57.0				
6.20	43.0					1.07		40.3				
6.40	34.0					1.80		18.9				
6.60	19.0					1.13		16.8				
6.80	14.0					1.27		11.1				
7.00	10.0					1.00		10.0				
7.20	20.0					0.67		30.0				
7.40	14.0					1.07		13.1				
7.60	9.0					0.87		10.4				
7.80	9.0					1.07		8.4				
8.00	9.0					0.93		9.6				
8.20	10.0					1.07		9.4				
8.40	9.0					0.73		12.3				
8.60	7.0					0.73		9.5				



Proprietà: Regione Emilia Romagna

Prova Penetrometrica Statica n°5

Data: 10.06.1999

Loc.: San Giorgio di Piano (Bo) Via Marconi - Archivio Regionale

Prof ml	Resistenza di punta					Resistenza laterale		Rapporto qc/fs				
	10	20	30	40	50	1.00	2.00	A	L	S	SG	
0.60	18.0					1.73		10.4				
0.80	18.0					1.33		13.5				
1.00	14.0					1.13		12.4				
1.20	9.0					1.13		7.9				
1.40	10.0					0.73		13.6				
1.60	10.0					0.93		10.7				
1.80	5.0					0.53		9.4				
2.00	26.0					0.53		48.8				
2.20	7.0					0.20		35.0				
2.40	7.0					0.33		21.0				
2.60	8.0					0.80		10.0				
2.80	12.0					0.80		15.0				
3.00	15.0					0.87		17.3				
3.20	17.0					1.13		15.0				
3.40	20.0					1.87		10.7				
3.60	21.0					2.33		9.0				
3.80	27.0					2.40		11.2				
4.00	20.0					1.53		13.0				
4.20	13.0					1.27		10.3				
4.40	20.0					1.33		15.0				
4.60	29.0					0.47		62.1				
4.80	22.0					1.07		20.6				
5.00	29.0					0.93		31.1				
5.20	41.0					2.73		15.0				
5.40	19.0					0.67		28.5				
5.60	51.0					1.60		31.9				
5.80	45.0					0.67		67.5				
6.00	35.0					1.40		25.0				
6.20	28.0					1.33		21.0				
6.40	28.0					2.27		12.4				
6.60	19.0					1.13		16.8				
6.80	22.0					1.20		18.3				
7.00	11.0					0.53		20.6				
7.20	7.0					0.53		13.1				
7.40	5.0					0.60		8.3				
7.60	4.0					0.47		8.6				
7.80	4.0					0.67		6.0				
8.00	5.0					0.87		5.8				
8.20	6.0					0.73		8.2				
8.40	8.0					1.00		8.0				
8.60	8.0					0.67		12.0				
8.80	5.0					0.73		6.8				
9.00	9.0					0.80		11.2				
9.20	6.0					1.00		6.0				
9.40	10.0					0.87		11.5				
9.60	8.0					0.53		15.0				
9.80	6.0					0.47		12.9				
10.00	4.0					0.40		10.0				
10.20	17.0					1.13		15.0				
10.40	10.0					0.93		10.7				
10.60	11.0					1.20		9.2				
10.80	16.0					1.27		12.6				
11.00	13.0					1.27		10.3				

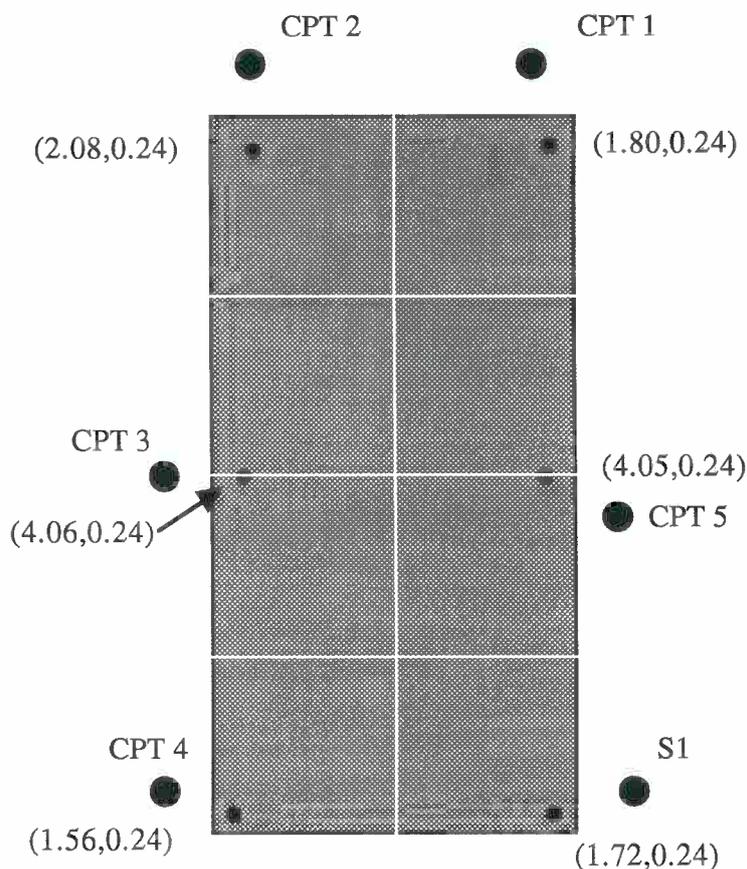


Profondità in ml	Stratigrafia	Descrizione
0.00		Stabilizzato composto da uno strato basale di ciottoli di grandi dimensioni sottostanti a ciottoli più piccoli.
0.50		Limo sabbioso di colore nocciola scuro con frustoli carboniosi e rari calcinelli. PP = 1,25 Kg/cm ² VT = 0,6 Kg/cm ²
0.80		Limo sabbioso di colore nocciola con calcinelli. PP = 1,25 Kg/cm ² VT = 0,6 Kg/cm ² Campione n°1
1.10		Sabbia a granulometria media (0,50ϕ<math><0,25</math> mm) di colore nocciola debolmente limosa. PP = 0,75 Kg/cm ²
1.50		Campione indisturbato: limo argilloso bruno grigiastro co tracce di sostanze organiche. PP = 1,40 Kg/cm ² VT = 0,45 Kg/cm ² e 0,60 Kg/cm ²
2.00		Sabbia a granulometria media, limosa di colore nocciola con frustoli carboniosi e sferulette di ossidi di ferro arancio. PP = 0,70 Kg/cm ² Campione n°2
2.50		Argilla di colore grigio marrone con frustoli carboniosi e abbondanti calcinelli. PP = 2,25 Kg/cm ² VT = >2,4 Kg/cm ² Campione n°3
3.80		Sabbia a granulometria media debolmente limosa di colore nocciola.
4.30		Sabbia quarzoso-micacea a granulometria media di colore grigio nocciola con inclusi piccoli ciottoli litoidi e argillosi e rari frammenti di gusci di conchiglie e resti vegetali. Campione n°4
4.70		Sabbia fine limo di colore grigio chiaro PP = 1,00 Kg/cm ²
5.50		Sabbia quarzoso-micacea a granulometria media di colore grigio.
7.90		Sabbia quarzoso-micacea a granulometria media debolmente limose di colore grigio azzurro.
9.50		Argilla grigio azzurra plastica con minuscoli frustoli carboniosi. PP = 0,5 Kg/cm ² VT = 0,3 Kg/cm ² Campioni n°5 e n°6
10.50		



Elaborazioni per il calcolo dei cedimenti

Calcolo dei cedimenti teorici secondo il metodo di Steinbrenner relativi alla nuova pavimentazione.



Legenda:

(2.08,0.40) = il primo numero rappresenta il cedimento, in cm, al disotto della verticale del relativo punto; il secondo il carico di esercizio applicato in kg/cm².

CPT = Prova penetrometrica statica.

S1 = Sondaggio a carotaggio continuo.



Scala 1:400

Certificati di laboratorio

rapporto di prova n. 596/99

pag 1 di 5

Committente: REGIONE EMILIA ROMAGNA

Località: S. Giorgio di Piano (BO)

Cantiere: Archivio Regionale

Sondaggio 1 campione 1 Profondità 1.50/2.00 m

data di ricevimento campione: 15/07/1999

Le condizioni del campione sono riportate a pagina 2, nel modulo apertura campioni

note:

Le prove riportate in questo rapporto contrassegnate dalla dicitura "Prova non accreditata SINAL" non rientrano nell'accreditamento SINAL di questo laboratorio.

Pontecchio Marconi
li 27/07/1999

approvato
il Direttore

 **CONSULENZE
GEOLOGICHE
GEOTECNICHE**
Il Direttore Tecnico Dr. Franco Ori


Il presente rapporto riguarda solo il campione sottoposto a prova e non può essere riprodotto parzialmente senza autorizzazione scritta del laboratorio.

Committente: **REGIONE EMILIA ROMAGNA**
 Località : **S. Giorgio di Piano (BO)**
 Cantiere: **Archivio regionale**

Sondaggio : 1
 Campione: 1
 Profondità: 1.50/2.00 m

APERTURA CAMPIONEFUSTELLA METALLICA TIPO SHELBY ALTRO CONTENITORE ALTRA FUSTELLA CAMPIONE CUBICO

Diametro interno cm 8.4
 Lunghezza cm 70.0

PROGRAMMA PROVECONTENUTO NAT. D'ACQUA GRANULOMETRIA TAGLIO DIRETTO C.D. PESO DI VOLUME NATURALE SEDIMENTAZIONE COMPRESSIONE E.L.L. PESO SPECIFICO DEI GRANI TRIASSIALE U.U. EDOMETRIA LIMITE DI ATTERBERG TRIASSIALE C.L.U. COEFF. DI CONSOLIDAZIONE CLASSIFICAZIONE TRIASSIALE C.D.

P.P. Kg/cm ²	T.V. Kg/cm ²	PRO - VINI
1.4	0.45	
1.4	0.60	

0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE	NOTE
Limo argilloso bruno grigiastro con tracce di sostanze organiche.	
Limo sabbioso bruno.	

* Prova non accreditata SINAL

COMMITTENTE: REGIONE EMILIA ROMAGNA**LOCALITA':** S. Giorgio di Piano**CANTIERE:** Archivio Regionale**DATA:** 27/07/99**SONDAGGIO:** 1**CAMPIONE:** 1**PROFONDITA', m:** 1.50/2.00**PROVA EDOMETRICA I.L. (ASTM D 2435-90)**

Condizioni del campione : Indisturbato

Caratteristiche iniziali del campione

diámetro	5.05	cm	peso di volume	19.5	kN/m ³
altezza	2	cm	densità secca	-	kN/m ³
contenuto in acqua	-	(%)	peso specifico dei grani	-	kN/m ³
grado di saturazione	-	(%)	indice dei vuoti	-	-

Pressioni	Cedimenti	$\Delta H/H$	Indice Vuoti	Mod. Edom.
kPa	cm	%	-	kPa
24.51	.035	1.75	-	-
49.03	.049	2.45	-	3429
98.06	.07	3.5	-	4530
196.13	.1	5	-	6260
392.26	.139	6.95	-	9456
784.52	.198	9.9	-	12176
1569.04	.273	13.65	-	18457
3138.09	.353	17.65	-	33087
392.26	.32	16	-	-
98.06	.305	15.25	-	-
24.51	.295	14.75	-	-

NOTA:



COMMITTENTE: REGIONE EMILIA ROMAGNA

LOCALITA': S. Giorgio di Piano

CANTIERE: Archivio Regionale

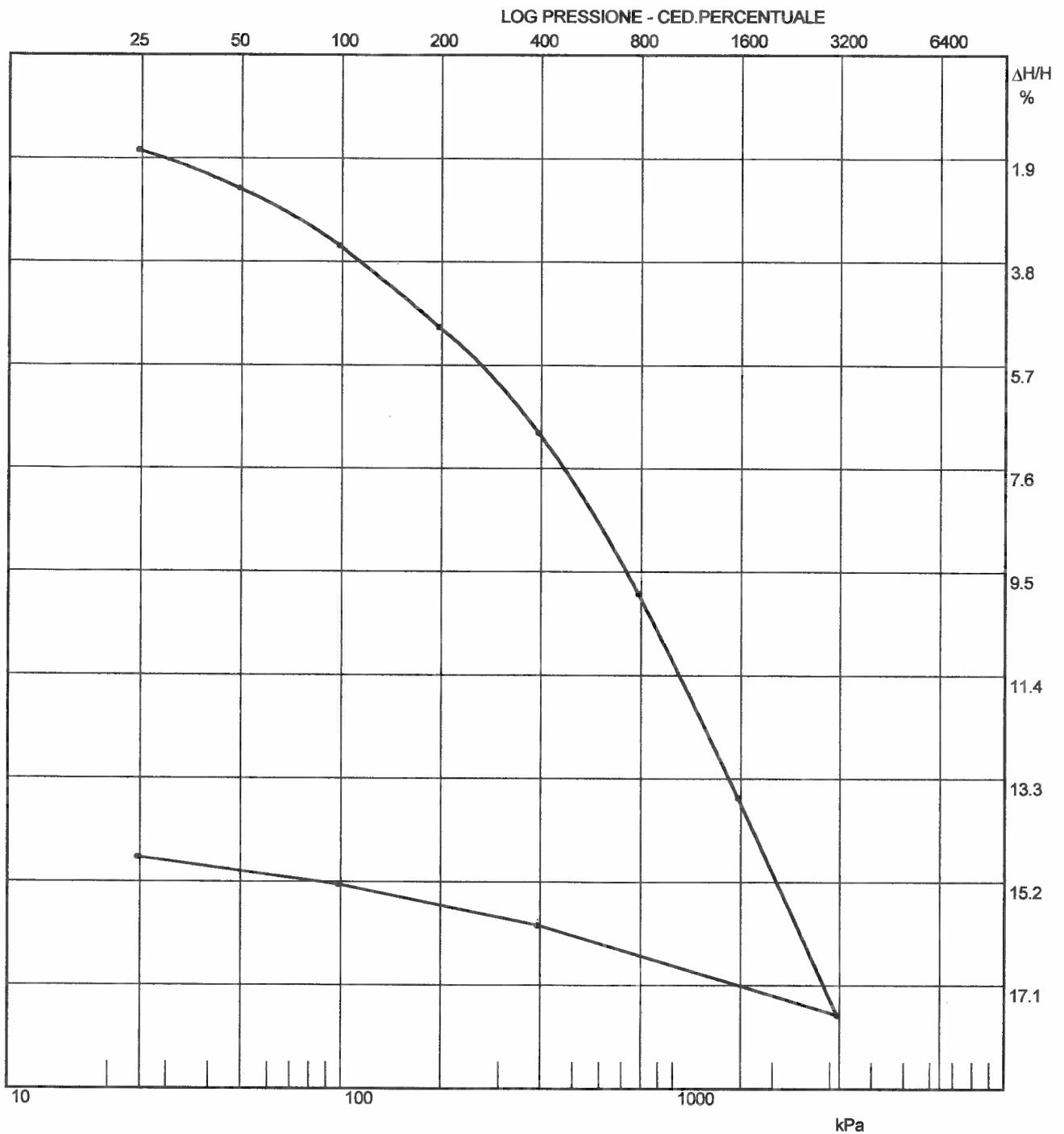
DATA: 27/07/99

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 1

PROFONDITA', m: 1.50/2.00

PROVA EDOMETRICA I.L. (ASTM D 2435-90)



COMMITTENTE: REGIONE EMILIA ROMAGNA

LOCALITA': S. Giorgio di Piano

CANTIERE: Archivio regionale

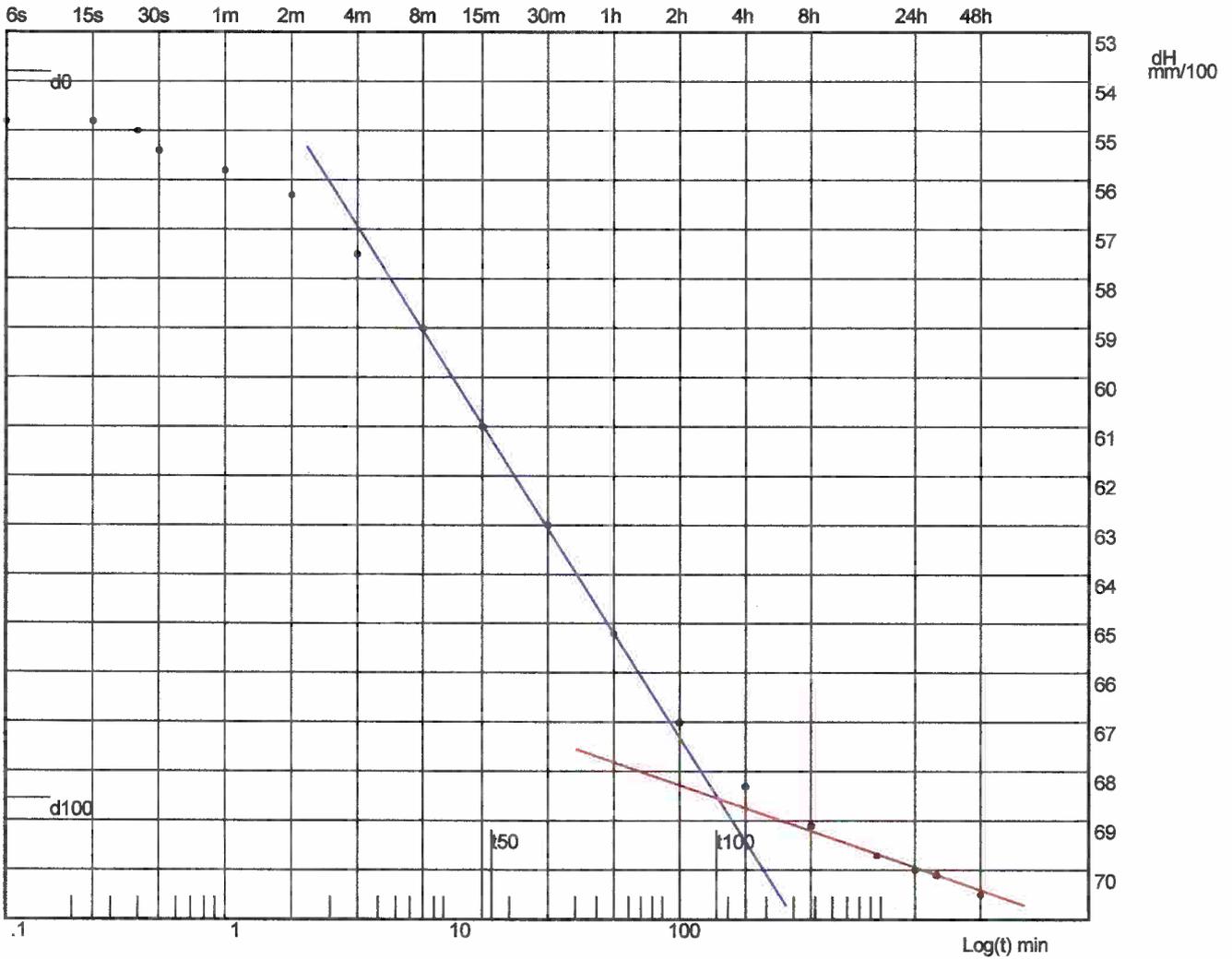
DATA: 27/07/99

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 1

PROFONDITA', m: 1.50/2.00

PROVA EDOMETRICA - CURVA DI CONSOLIDAZIONE (ASTM D 2435-90)



PRESSIONE da 49.03 kPa a 98.06 kPa

$t_{50} = 1018.2 \text{ sec}$

$C_v = .000181 \text{ cm}^2/\text{sec}$

$K = 4E-09 \text{ cm}/\text{sec}$



LABORATORIO ACCREDITATO



rapporto di prova n. 597/99

pag 1 di 5

Committente: REGIONE EMILIA ROMAGNA

Località: S. Giorgio di Piano (BO)

Cantiere: Archivio Regionale

Sondaggio 1 campione 2 Profondità 10.20/10.50 m

data di ricevimento campione: 15/07/1999

Le condizioni del campione sono riportate a pagina 2, nel modulo apertura campioni

note:

Le prove riportate in questo rapporto contrassegnate dalla dicitura "Prova non accreditata SINAL" non rientrano nell'accREDITAMENTO SINAL di questo laboratorio.

Pontecchio Marconi
li 27/07/1999

approvato
il Direttore

 **CONSULENZE
GEOLOGICHE
GEOTECNICHE**

Il Direttore Tecnico Dr. Franco Ori



Il presente rapporto riguarda solo il campione sottoposto a prova e non può essere riprodotto parzialmente senza autorizzazione scritta del laboratorio

Committente: **REGIONE EMILIA ROMAGNA**
 Località : **S. Giorgio di Piano (BO)**
 Cantiere: **Archivio regionale**

Sondaggio : 1
 Campione: 2
 Profondità: 10.20/10.50 m

APERTURA CAMPIONEFUSTELLA METALLICA TIPO SHELBY ALTRO CONTENITORE ALTRA FUSTELLA CAMPIONE RIMANEGGIATO **PROGRAMMA PROVE**CONTENUTO NAT. D'ACQUA GRANULOMETRIA TAGLIO DIRETTO C.D. PESO DI VOLUME NATURALE SEDIMENTAZIONE COMPRESSIONE E.L.L. PESO SPECIFICO DEI GRANI TRIASSIALE U.U. EDOMETRIA LIMITE DI ATTERBERG TRIASSIALE C.I.U. COEFF. DI CONSOLIDAZIONE CLASSIFICAZIONE TRIASSIALE C.D.

P.P. Kg/cm ²	T.V. Kg/cm ²	PRO - VINI
0.70	0.35	
0.70	0.35	

0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE	NOTE
Limo argilloso grigio con tracce di sostanze organiche.	

* Prova non accreditata SINAL

COMMITTENTE: REGIONE EMILIA ROMAGNA**LOCALITA':** S. Giorgio di Piano**CANTIERE:** Archivio Regionale**DATA:** 27/07/99**SONDAGGIO:** 1**CAMPIONE:** 2**PROFONDITA', m:** 10.20/10.50**PROVA EDOMETRICA I.L. (ASTM D 2435-90)**

Condizioni del campione : Rimaneggiato

Caratteristiche iniziali del campione

diametro	5.05	cm	peso di volume	18.05	kN/m ³
altezza	2	cm	densità secca	-	kN/m ³
contenuto in acqua	-	(%)	peso specifico dei grani	-	kN/m ³
grado di saturazione	-	(%)	indice dei vuoti	-	-

Pressioni	Cedimenti	$\Delta H/H$	Indice Vuoti	Mod. Edom.
kPa = $1q/m^2$	cm	%	-	kPa
24.51	.051	2.55		-
49.03	.084	4.2		1435
98.06	.135	6.75		1817
196.13	.193	9.65		3104
392.26	.269	13.45		4565
784.52	.352	17.6		7984
1569.04	.443	22.15		13815
3138.09	.536	26.8		25484
392.26	.483	24.15		-
98.06	.446	22.3		-
24.51	.4	20		-

NOTA:

LABORATORIO
ACCREDITATO

COMMITTENTE: REGIONE EMILIA ROMAGNA

LOCALITA': S. Giorgio di Piano

CANTIERE: Archivio Regionale

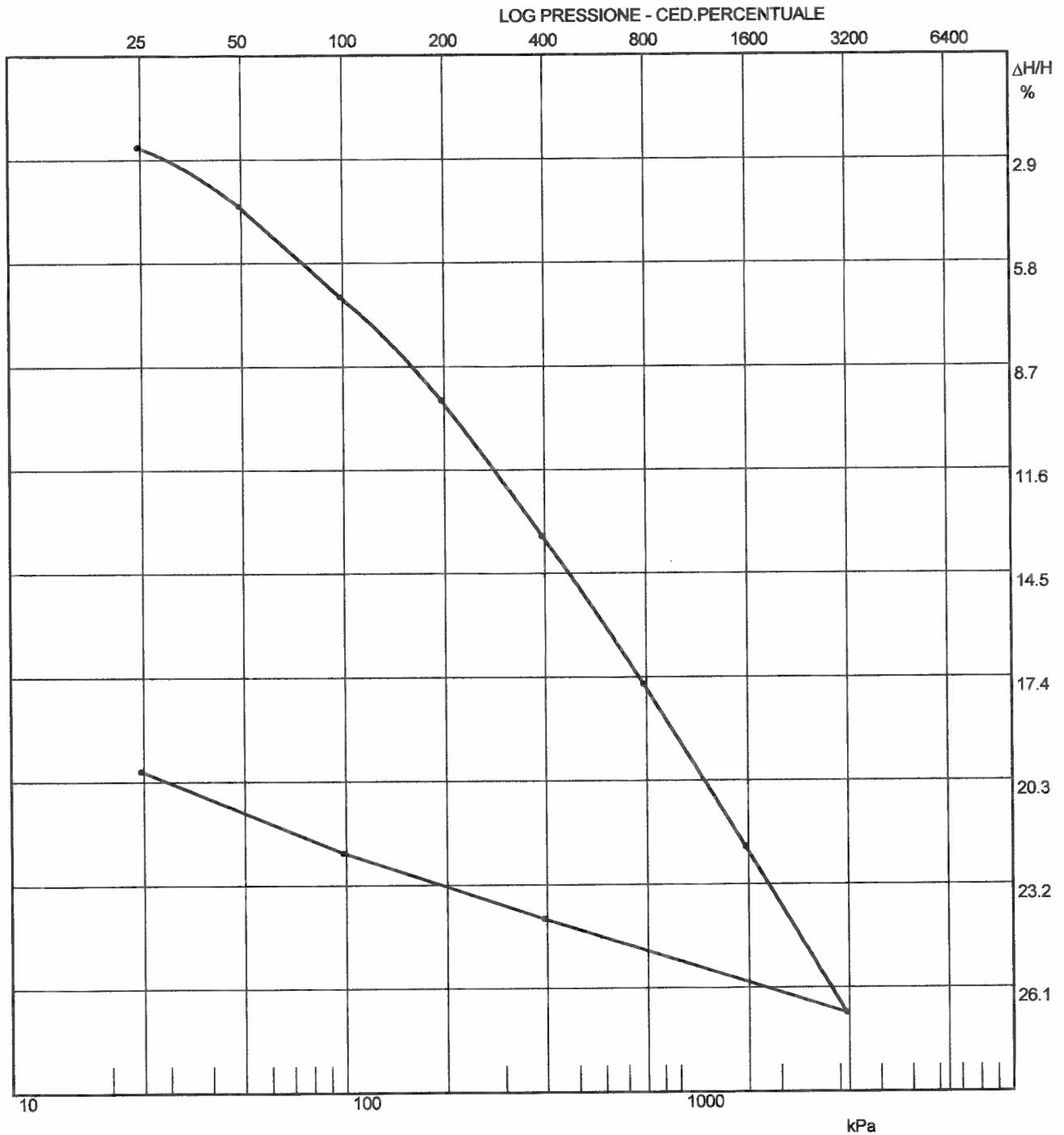
DATA: 27/07/99

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 2

PROFONDITA', m: 10.20/10.50

PROVA EDOMETRICA I.L. (ASTM D 2435-90)



LABORATORIO ACCREDITATO



COMMITTENTE: REGIONE EMILIA ROMAGNA

LOCALITA': S. Giorgio di Piano

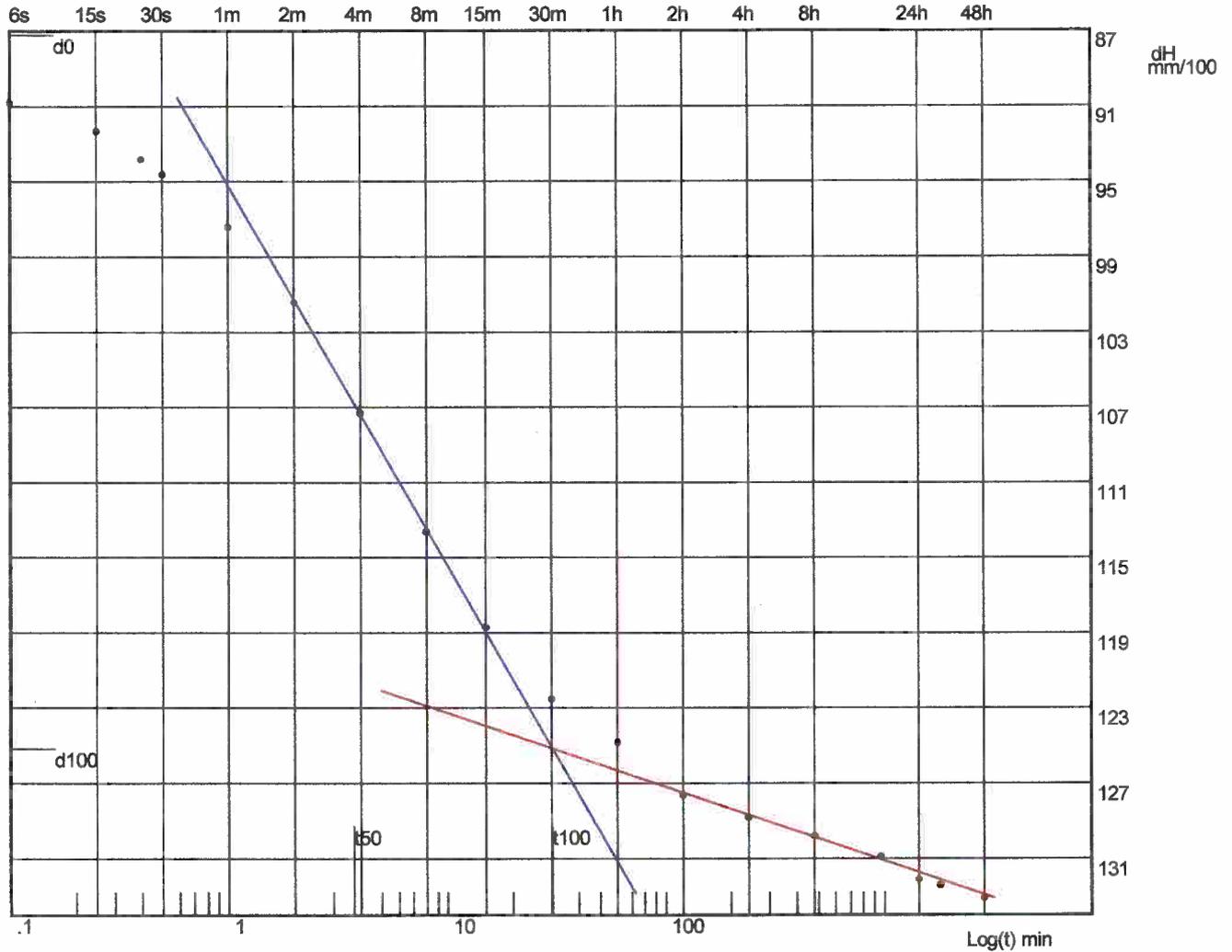
CANTIERE: Archivio regionale

DATA: 27/07/99

SONDAGGIO: 1 **CAMPIONE:** 2

PROFONDITA', m: 10.20/10.50

PROVA EDOMETRICA - CURVA DI CONSOLIDAZIONE (ASTM D 2435-90)



PRESSIONE da 49.03 kPa a 98.06 kPa

t50 = 227.4 sec

Cv = .000776 cm²/sec

K = 3.98E-08 cm/sec



LABORATORIO ACCREDITATO



CALCOLO DELLA COESIONE

LABORATORY VANE APPARATUS
della Wykeham Farrance Engineering

Campione n° 1 Profondità m. 1.00

Numero della molla 3
Lettura iniziale 24
Lettura alla rottura 88
Lettura finale 45

Valore della coesione = Kg/cmq. 0,446
Coesione residua = Kg/cmq. 0,153

Campione n° 2 Profondità m. 2.30

Numero della molla 3
Lettura iniziale 24
Lettura alla rottura 54
Lettura finale 35

Valore della coesione = Kg/cmq. 0,378
Coesione residua = Kg/cmq. 0,085

Campione n° 3 Profondità m. 3.20

Numero della molla 3
Lettura iniziale 24
Lettura alla rottura 185
Lettura finale 70

Valore della coesione = Kg/cmq. 1,107
Coesione residua = Kg/cmq. 0,323

Campione n° 5 Profondità m. 10.00

Numero della molla 3
Lettura iniziale 24
Lettura alla rottura 37
Lettura finale 30

Valore della coesione = Kg/cmq. 0,098
Coesione residua = Kg/cmq. 0,051



CARATTERISTICHE DI VOLUME

Campione n°	1	Profondità m	1.00
Peso di volume umido	gr/cmc.	1,908	[Y]
Peso di volume secco	gr/cmc.	1,627	[Yd]
Umidità naturale	%	17,23	[Wn]
Porosità	%	39,72	[n]
Indice di porosità		0,66	[e]
Acqua di saturazione	%	24,41	[W sat]
Grado di saturazione	%	70,61	[S]

Composizione del campione

Percentuale sostanza solida	60,28	[ns]
Percentuale di acqua	28,05	[nw]
Percentuale di aria	11,68	[na]

Campione n°	2	Profondità m	2.30
Peso di volume umido	gr/cmc.	1,997	[Y]
Peso di volume secco	gr/cmc.	1,714	[Yd]
Umidità naturale	%	16,52	[Wn]
Porosità	%	36,53	[n]
Indice di porosità		0,58	[e]
Acqua di saturazione	%	21,31	[W sat]
Grado di saturazione	%	77,53	[S]

Composizione del campione

Percentuale sostanza solida	63,47	[ns]
Percentuale di acqua	28,32	[nw]
Percentuale di aria	8,21	[na]



CARATTERISTICHE DI VOLUME

Campione n°	3	Profondità m	3.20
Peso di volume umido	gr/cmc.	1,913	[Y]
Peso di volume secco	gr/cmc.	1,627	[Yd]
Umidità naturale	%	17,55	[Wn]
Porosità	%	39,73	[n]
Indice di porosità		0,66	[e]
Acqua di saturazione	%	24,41	[W sat]
Grado di saturazione	%	71,89	[S]

C o m p o s i z i o n e d e l c a m p i o n e

Percentuale sostanza solida	60,27	[ns]
Percentuale di acqua	28,56	[nw]
Percentuale di aria	11,17	[na]

Campione n°	5	Profondità m	10.00
Peso di volume umido	gr/cmc.	1,958	[Y]
Peso di volume secco	gr/cmc.	1,547	[Yd]
Umidità naturale	%	26,56	[Wn]
Porosità	%	42,69	[n]
Indice di porosità		0,74	[e]
Acqua di saturazione	%	27,59	[W sat]
Grado di saturazione	%	96,28	[S]

C o m p o s i z i o n e d e l c a m p i o n e

Percentuale sostanza solida	57,31	[ns]
Percentuale di acqua	41,10	[nw]
Percentuale di aria	1,59	[na]

