

Publiacqua



Autorità Idrica Toscana



PROGETTO DEFINITIVO

INTERVENTI PER L'INCREMENTO DELLA SICUREZZA DELLA DIGA DI GIUDEA A GELLO

Tavola ALL. L1	Titolo: INDAGINI STORICHE A DISPOSIZIONE	SCALA
		DATA MAGGIO 2018



Sede Firenze Via De Sanctis,49/51 - 50136 - Cod.Fisc. e P.I.V.A. 06111950488

Organizzazione con Sistema di Gestione Integrato Certificato in conformità alle normative ISO9001 - ISO14001 - OHSAS18001 - SA8000

PROGETTISTI: Dott. Ing. Giovanni Simonelli	COLLABORATORI: Verifiche di stabilità Ing. David Settesoldi
GEOLOGIA: Geo. Filippo Landini	Indagini Idrauliche Ing. Leonardo Duranti
	Indagini Geologiche Geol. Carlo Ferri

ESPROPRI: Geom. Andrea Patriarchi Geom. Matteo Masi	COMMESSA IT: INGT-TPLPD-PBAAC252
--	--

COORDINATORE SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE: Dott. Ing. Benedetta Centoni	RESPONSABILE COMMITTENTE: Ing. Cristiano Agostini
---	---

DIRETTORE TECNICO INGEGNERIE TOSCANE: Ing. Mario Chiarugi	RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO: Ing. Leonardo Rossi
---	--

REV.	Data	DESCRIZIONE/MOTIVO DELLA REVISIONE	REDATTO	CONTROLLATO / APPROVATO
01	MAGGIO 2018	PROGETTO DEFINITIVO	FERRI	LANDINI/CHIARUGI

NOTA INTRODUTTIVA SCELTE GEOTECNICHE

Le relazioni disponibili presso gli uffici Periferici del Ministero d

- del 1991 (Prof. Ing. Pietro Colombo) in cui erano state eseguite indagini di laboratorio su campioni indisturbati dall'Italgeo
- quella successiva del 1995 (prof. Dott. Achille Piccio e Progettista dott. Ing. Giovanni Baldovin) in cui sono state eseguite indagini di laboratorio su campioni ricostruiti dalla Geotecna

Nella relazione geotecnica allegata al progetto esecutivo del 1995, al paragrafo **2.4.c Parametri di stabilità** (pag.5 Relazione geotecnica) pur facendo riferimento alle verifiche di stabilità del 1965 (fasi di progetto) in cui i dati i parametri erano stati ricavati da provini ricostruiti, mentre nel collaudo era stato verificato come i dati fossero ridotti di almeno un 10% rispetto al progetto.

Viene di seguito analizzata la back analysis del Prof. Colombo che aveva individuato in 29° di attrito e coesione nulla le condizioni d'instabilità. Gli stessi calcoli sono stati eseguiti da Geotecna con i medesimi risultati.

Nel 1995 sono state analizzati i dati disponibili (pag. 6 Relazione geotecnica)

- L'insieme di tutti i dati di resistenza a taglio attualmente disponibili per il materiale del rilevato, ottenuti dall'Italgeo su campioni indisturbati e dalla Geotecna su provini ricostituiti con densità secca $1,65 \text{ t/m}^3$, riportati in dettaglio negli Allegati 1 e 2 e, in sintesi, in Appendice 1, fornisce uno spettro di valori di attrito compresi tra 0° e 31° e di coesione c' da 0 a $0,5 \text{ kg/cm}^2$. Come rappresentativi di questo spettro si possono assumere per l'attrito e per la coesione rispettivamente 20° e $0,2 \text{ kg/cm}^2$.

ed è stata eseguita una nuova back analysis che ha individuato valori prossimi a $F_s=1$ per le situazioni di svasso rapido con decadimento delle caratteristiche geotecniche, e con una coesione di $0,1 \text{ kg/cm}^2$ $F_s < 1$.

- La coppia di parametri adottati per questa nuova verifica a posteriori del vecchio rilevato (20° e $0,2 \text{ kg/cm}^2$) trova giustificazione non solo nei risultati delle prove di laboratorio ma anche nel confronto con i dati relativi alla stessa formazione in condizioni indisturbate in aree adiacenti a quella in studio ove erano stati definiti, come valori medio-minimi da assumere in fase di progetto, per terreni di fondazione, angolo di attrito 25° e coesione $0,05 \text{ kg/cm}^2$. I lavori di sbancamento, stesa e rullatura diminuiscono la granulometria del materiale, e quindi l'attrito, e conferiscono un certo grado di coesione efficace; nel tempo, a causa dell'assenza di confinamento e dell'esposizione agli agenti atmosferici, la coesione è decaduta progressivamente a partire dal paramento di monte, non inerbito e a contatto con l'acqua, provocando il franamento di fette sempre più arretrate.

La conclusione del paragrafo indicava comunque cautelativamente che poteva essere considerata una coesione efficace non inferiore a $0,1 \text{ kg/cm}^2$.

Nel progetto esecutivo del 2007 non furono eseguiti campioni sul rilevato, poiché era previsto il completo smantellamento del corpo esistente.

Dopo aver analizzato la documentazione si è proceduto alle verifiche del rilevato in fase di progetto preliminare con i dati disponibili, e con i valori individuati dal Dott. Ing Giuseppe Baldovin, che comunque risultano essere cautelativi.

Per quanto riguarda la coesione non drenata del rilevato esistente e di progetto si sono utilizzati valori medi ricavati dalle prove pnetrometriche eseguite nel 2012.

COMUNE DI PISTOIA

INVASO GIUDEA IN LOCALITA' GELLO (PT)

Interventi per il ripristino funzionale, per l'aumento della capacita' e per l'adeguamento al D.M. 24.3.1982 n.44

PROGETTO ESECUTIVO

3 - RELAZIONE GEOLOGICA



APRILE 1995

IL SINDAGO



IL PROGETTISTA
(Dott. Ing. Giuseppe Baldovin)

GEOTECNA PROGETTI S.p.A.
Milano

INDICE

1	PREMESSA	1
2	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E CARATTERISTICHE DELL'OPERA	2
3	GEOLOGIA DELLA ZONA	2
	3.1 Bacino imbrifero e bacino d'invaso	2
	3.2 Cenni di tettonica	3
	3.3 Tenuta dell'invaso	4
	3.4 Stabilità delle sponde	4
	3.5 Sezione d'imposta della diga	5
	3.6 Opere di scarico	5
4	INDAGINE GEOGNOSTICA	7
	4.1 Indagini sul corpo diga	7
	4.2 Indagini sulle sponde e nell'invaso	7
5	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	8

ALLEGATI

1) Carta geologica	1:25.000
2) Planimetria geologica	1:1.000
3) Stratigrafie dei sondaggi Italgeo	

1 PREMESSA

La presente relazione illustra la situazione geologica riscontrata nell'area interessata dall'esistente invaso della Giudea, in località Gello nel Comune di Pistoia, a supporto della progettazione per gli *"Interventi per il ripristino funzionale, per l'aumento della capacità e per l'adeguamento al D.M. 24.3.1982 n.44"*.

Il Servizio Dighe del Ministero dei LL.PP. ne aveva infatti imposto il completo svasso in seguito ai franamenti che avevano interessato il rilevato arginale dopo quasi diciassette anni di esercizio.

Allo stato attuale il rilevato diga presenta vistose deformazioni per frana, nella parte centrale del paramento di monte, dal fondo lago fino a quota coronamento ed anche la sponda sinistra dell'invaso è interessata da un fenomeno di collassamento, su una superficie dell'ordine di 700-800 m².

Per la redazione di questa relazione si è tenuto conto essenzialmente, oltre che della Relazione Geologica del Progetto 1965, delle recenti indagini espletate, nel 1991 e nel 1993, a cura del Comune di Pistoia che hanno riguardato:

- la prima, a firma Italgeo, il rilevato diga danneggiato dai noti fenomeni di instabilità;
- la seconda, seguita dalla Geotecna Progetti S.p.A., la stabilità delle sponde, le caratteristiche delle nuove opere di scarico, l'aumento della capacità del bacino ed infine il reperimento dei materiali da costruzione.

Nel loro complesso, i risultati ottenuti consentono di orientare i progettisti sulla tipologia progettuale del ripristino funzionale della diga ed opere di scarico, sugli interventi per la sistemazione delle sponde nonché sulla geometria degli scavi che dovranno essere eseguiti per aumentare la capacità dell'invaso.

2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E CARATTERISTICHE DELL'OPERA

L'area sulla quale è ubicato l'invaso della Giudea ricade in località Gello nel territorio del Comune di Pistoia. Cartograficamente detta area è individuabile sulla tavoletta I°NE scala 1:25.000 del F.105 (Lucca) della Carta d'Italia.

L'attuale diga in terra, di tipo omogenea, ha un'altezza massima di 31.90 m, una lunghezza di 293.5 m. e la quota coronamento a circa 151 m s.m.

Sbarra la parte apicale del Fosso Fantanacci, tributario del T.Tazzera a sua volta affluente di destra del T.Ombrone e sottende un bacino imbrifero di soli 0.150 km².

Il riempimento del bacino della Giudea è assicurato, più volte all'anno, dall'acqua derivata dal T.Vincio di Brandeglio che ha un bacino imbrifero di circa 13 km².

Il bacino d'invaso, con una capacità di circa 850.000 m³, è stato praticamente realizzato tutto in scavo modellando le sponde della piccola valle del Fosso Fantanacci e riutilizzando i materiali scavati per la costruzione del rilevato diga.

3 GEOLOGIA DELLA ZONA

3.1 Bacino imbrifero e bacino d'invaso

La diga sottende un bacino imbrifero di soli 0.15 km² dei quali circa la metà (0.07 km²) sono rappresentati dalla superficie dell'invaso stesso.

L'unità rocciosa entro le quali risulta modellato il **bacino imbrifero** è rappresentata da una formazione sedimentaria marina in facies marnoso-siltitica di età paleogenica (Macigno AA (mg) della "Successione Toscana")(All.1).

Il **bacino d'invaso** è stato invece ricavato per intero entro il "Complesso eterogeneo" (Cb) di età Eocene-Cretaceo a prevalente componente argillitica e ad assetto caotico, con inglobati olistoliti calcarei ed arenacei (All.2).

Dal punto di vista litologico questo "Complesso" è costituito essenzialmente da una matrice argillocistosa grigio-giallastra che ingloba lembi e/o blocchi isolati di strati calcarei e arenacei appartenenti originariamente a formazioni diverse e di diverse età.

L'assetto caotico è conseguente all'effetto dei corrugamenti orogenici terziari dell'Appennino sulle litofacies argillose particolarmente plastiche.

In alcuni casi gli elementi litoidi presentano ancora tracce di stratificazione, questa tuttavia, non è assimilabile all'assetto generale della formazione.

3.2 Cenni di tettonica

Il contatto tra il "Macigno" ed il "Complesso eterogeneo" è di tipo tettonico (sovrascorrimento). Detto contatto, individuato sul terreno lungo il lato Nord-Ovest dell'invaso ad una quota di circa 153 m s.m., è caratterizzato da una direzione NE-SW (orientamento antiappenninico) con immersione grosso modo a SE ed una inclinazione prossima alla verticale.

Il "Macigno" nella zona dell'invaso della Giudea, si immerge quindi sotto al "Complesso eterogeneo", mentre più a Sud il contatto tra le due formazioni è rappresentato da una vera e propria faglia subverticale. Questa lineazione (faglia), secondo quanto risulta dalla letteratura (CNR - Carta Neotettonica d'Italia - 1:500.000, F1, 1988) è di età quaternaria, forse anche più antica.

Sul posto non sono state accertate evidenze di movimenti recenti. In ogni caso questa discontinuità è fuori dal bacino d'invaso ed interessa terreni essenzialmente plastici (marne scistose ed argilloscisti), quindi poco sensibili all'effetto dinamico dei possibili eventi sismici.

Per quanto riguarda questi ultimi, sono riportati nella letteratura specifica, numerosi epicentri di terremoti storici nella zona di Pistoia. Il più recente (anno 1904), di intensità del VII° grado della scala Mercalli, ha avuto epicentro a 4 km dal sito.

L'area Pistoiese è classificata come zona sismica di seconda categoria con grado di sismicità $S=9$.

3.3 Tenuta dell'invaso

La natura litologica del fondo del bacino (argilloscisti) ne ha assicurato nei circa 17 anni di esercizio la perfetta tenuta.

L'esistenza di piccole emergenze d'acqua di recente individuate lungo le sponde interne dell'invaso sono riferibili alla presenza nella matrice argillitica di grossi blocchi lapidei isolati (olistoliti) fratturati e sedi di acquiferi stagionali.

3.4 Stabilità delle sponde

A bacino vuoto è stato eseguito un accurato rilievo geomorfologico delle sponde del serbatoio.

Il rilevamento ha individuato un limitato fenomeno d'instabilità che ha interessato, ad una cinquantina di metri dall'asse diga, per una larghezza di circa 40 m tra le quote 140 e 155 m s.m., la sponda sinistra dell'invaso.

Il dissesto ha coinvolto solo la facies alterata (cappellaccio) della formazione argilloscistosa (Complesso eterogeneo) di base.

Allo stato attuale sono ancora in atto fenomeni di erosione regressiva che sono ormai prossimi a raggiungere i terreni esterni alla proprietà.

Fenomeni di erosione superficiale di circa 60-70 m di larghezza interessano sempre la sponda sinistra tra lo scoscendimento segnalato ed il podere Giudea.

La sponda destra e quella opposta alla diga, entrambe modellate con le stesse pendenze della sponda sinistra, risultano perfettamente stabili.

Il fatto si può riferire alla presenza nell'assise argillitica di blocchi lapidei in quantità elevata.

3.5 Sezione d'imposta della diga

Il rilevato diga esistente appoggia completamente sui terreni del "Complesso eterogeneo" che, come già descritto nelle pagine precedenti, è costituito da argilloscisti inglobanti elementi lapidei eterogenei senza un preciso assetto strutturale.

Da quanto evidenziato da scavi in corso, detto piano è costituito dalla litofacies corticale più o meno alterata (cappellaccio) della formazione di base.

Tutta la parte della diga interessata dal franamento, nonché la parte sovrastante, dovranno essere bonificate sostituendo i materiali collassati con altri, di caratteristiche geotecniche migliori.

3.6 Opere di scarico

Alcuni saggi geognostici (T15-T17), eseguiti in sponda destra, in corrispondenza alle zone in cui verranno realizzati i nuovi scarichi di superficie e di fondo, hanno incontrato esclusivamente terreni appartenenti al "Complesso eterogeneo".

E' stato accertato che la facies alterata ed allentata più superficiale (cappellaccio) ha una potenza superiore ai 5-6 m ed è rappresentata da argilloscisti marrone-giallastri a struttura scagliosa con inglobati blocchi litoidi eterogenei.

Le sottostanti litofacies sane più compatte caratterizzate da una colorazione grigio-nerastra, affiorano anche lungo le scarpate del bacino alle quote inferiori, dove gli scavi hanno asportato le maggiori quantità di materiale per la costruzione del rilevato arginale.

La zona dove sono stati ubicati gli scarichi non è interessata da alcun fenomeno di instabilità.

Le caratteristiche fisiche dell'ammasso roccioso che si incontreranno lungo il tracciato della galleria dello scarico di fondo sono praticamente le stesse di quelle sopra descritte per le litofacies sane.

In corrispondenza dell'imbocco verrà interessata praticamente solo la "roccia" sana mentre in corrispondenza dello sbocco in Val Tazzera dovranno essere scavati terreni appartenenti alla coltre di alterazione e della copertura detritica "eluvio e colluvio" per spessori dell'ordine dei 7-9 m.

Le particolari caratteristiche litologiche del "Complesso eterogeneo" debbono essere tenute ben presenti in fase esecutiva per lo scavo in sotterraneo.

Lo scarico di superficie, previsto con un canale a cielo aperto, si fonderà su terreni sempre appartenenti al "Complesso eterogeneo" che non dovrebbero, data la modesta profondità degli scavi, creare problemi di stabilità.

Sarà in ogni caso prudente realizzare le scarpate con pendenze non superiori a 3/2 (due orizzontale).

4 INDAGINE GEOGNOSTICA

A cura del Comune di Pistoia è stata espletata nel corpo diga, nell'invaso e sulle sponde dello stesso, un'approfondita indagine geognostica mediante la perforazione di sondaggi carotati, prove penetrometriche, scavo di trincee con prove di densità in sito. Sui campioni indisturbati e/o rimaneggiati prelevati, sono state sviluppate in laboratorio prove di caratterizzazione geotecnica i cui risultati sono allegati alla Relazione Geotecnica.

4.1 Indagini sul corpo diga

Nel corpo diga sono stati perforati nel 1991 a cura dell'Italgeo, quattro sondaggi (S1-S4) spinti fino entro la formazione di base non alterata (Ail.3).

I sondaggi S1 ed S4 sono stati perforati dal coronamento diga, mentre i fori S3 ed S2 sono stati ubicati sul paramento di monte coinvolto nella frana.

Nei sondaggi, oltre al prelievo di campioni indisturbati dei materiali arginali e del terreno di fondazione, sono state eseguite prove penetrometriche discontinue SPT e di permeabilità.

Non è stato comunque individuata la superficie di scorrimento della frana, mentre è stato riconosciuto dall'esame delle carote, il passaggio tra i materiali del rilevato ed i terreni di fondazione.

Questi ultimi appartenenti al "Complesso eterogeneo" sono rappresentati da argilloscisti scagliettati di colore giallastro, con inclusi lapidei e quindi riferibili alla parte superficiale alterata della formazione geologica di base.

4.2 Indagini sulle sponde e nell'invaso

Sulle sponde dell'invaso e sul suo fondo completamente asciutto, sono state scavate mediante escavatore meccanico, n.10 trincee (T5-T14),

spinte tutte ad almeno 5 m di profondità, allo scopo di controllare la continuità del "Complesso eterogeneo" e la reale dimensione del fenomeno di instabilità che ha coinvolto il breve tratto della sponda sinistra.

Nel bacino sono stati rilevati e cartografati gli olistoliti di maggiori dimensioni e l'andamento del contatto "Macigno-Complesso eterogeneo".

Questo contatto a direzione NE-SW ed inclinazione subverticale, corre parallelo alla sponda opposta alla diga appena a monte della quota di ritenuta normale del serbatoio.

Con una trincea (T12) si è cercato anche di individuare la superficie di scorrimento dello scoscendimento, che ha interessato il rilevato diga, senza tuttavia riuscire nell'intento.

Altre trincee (T1-T4) sono state scavate a valle diga per controllare la continuità della formazione caotica.

Tre trincee (TP1-TP3) di modesta profondità, sono state infine eseguite dalle banchine nel rinfiango di valle per poter eseguire prove di densità in sito.

Quantità e tipologia delle prove di laboratorio eseguite sui campioni sono illustrate negli allegati alla Relazione Geotecnica cui si rimanda.

5 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Le varie indagini eseguite hanno consentito di accertare le condizioni geomorfologiche e litologico-strutturali delle sponde del bacino della Giudea e della situazione del rilevato diga coinvolto in un esteso dissesto franoso.

Gli studi hanno confermato l'impermeabilità dell'invaso e dell'assise dello sbarramento, la stabilità generale delle sponde, salvo locali e limitati fenomeni erosivi per i quali sono state indicate le modalità di intervento;

inoltre si è accertato che le linee tettoniche presumibilmente connesse, secondo la letteratura, ad attività sismica, sono completamente al di fuori dell'invaso e delle opere.

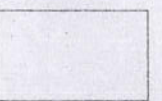
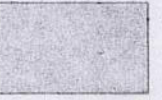

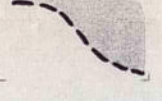

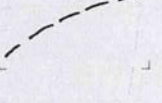
Nell'ambito degli interventi da adottare per il ripristino funzionale delle opere, risulta in particolare l'esigenza di intervenire oltre che sulla diga stessa asportando tutto il materiale dissestato e ricostruendo la sua parte sommitale, anche con opere sistematorie per stabilizzare i movimenti in sponda sinistra.

Aprile 1995





(Dott. Geol. Ernesto Motta)

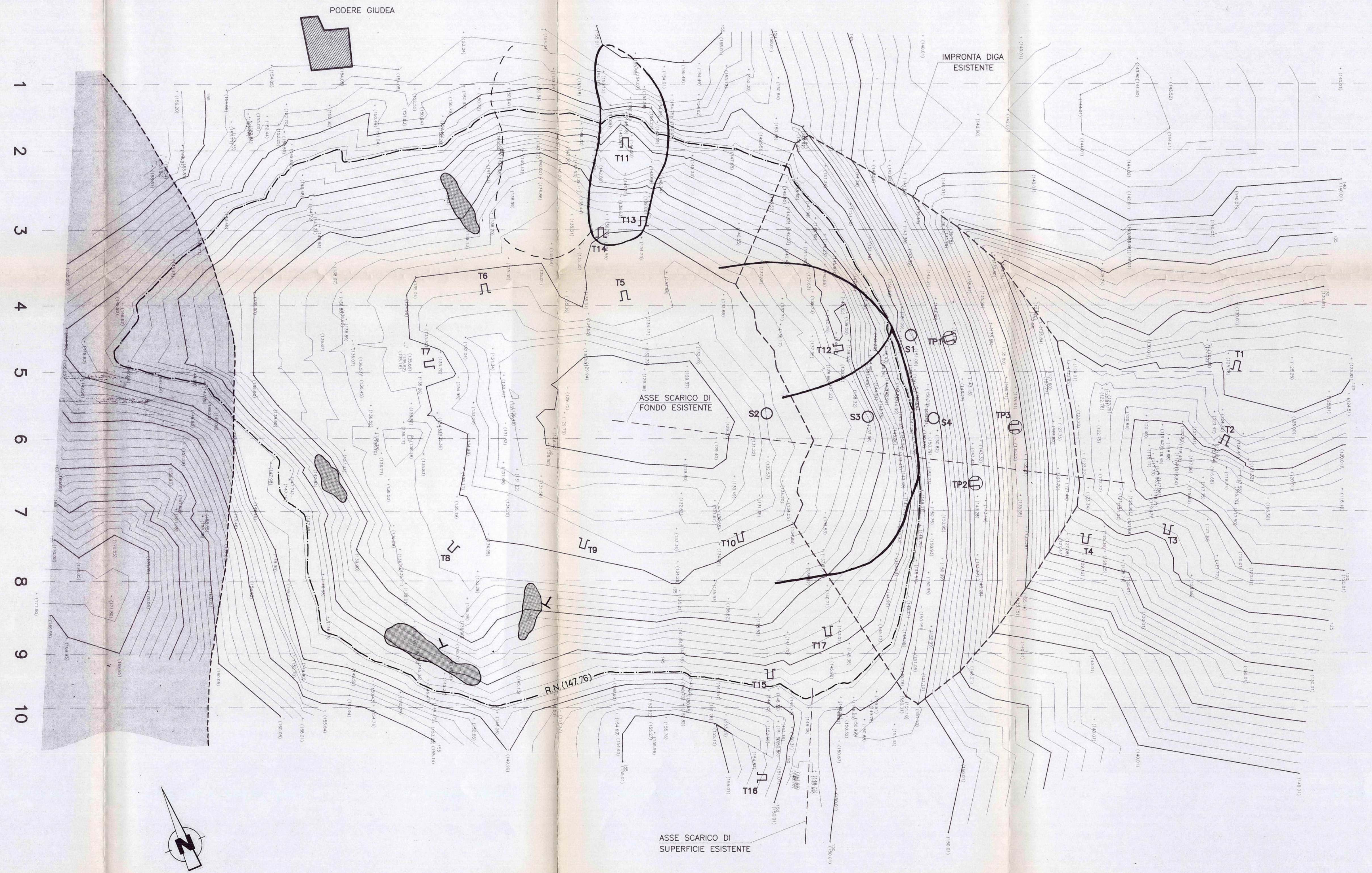
LEGENDA

GEOLOGIA

-  COMPLESSO ETEROGENEO PREVALENTEMENTE ARGILLITICO CON COLTRE ELUVIO-COLLUVIALE
-  MARNE SILTOSE ("MACIGNO")
-  AFFIORAMENTI LAPIDEI (OLISTOLITI) E LORO GIACITURA
-  CONTATTO TETTONICO (POSIZIONE IN PARTE PRESUNTA)
-  LIMITE DELLE FRANE SUL PARAMENTO DI MONTE DELLA DIGA E NEL BACINO
-  AREA IN EROSIONE

INDAGINI

-  T1 - T17 TRINCEE GEONOSTICHE
-  TP1 - TP3 TRINCEE CON PROVE DI DENSITA' IN SITO
-  S1 - S3 SONDAGGI ITALGEO



COMUNE DI PISTOIA

INVASO GIUDEA IN LOCALITA' GELLO (PT)

Interventi per il ripristino funzionale, per l'aumento della capacita' e per l'adeguamento al D.M. 24.3.1982 n.44

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE GEOLOGICA

PLANIMETRIA GEOLOGICA

ALL. N° 3.2

SCALA 1 : 1000



APRILE 1995

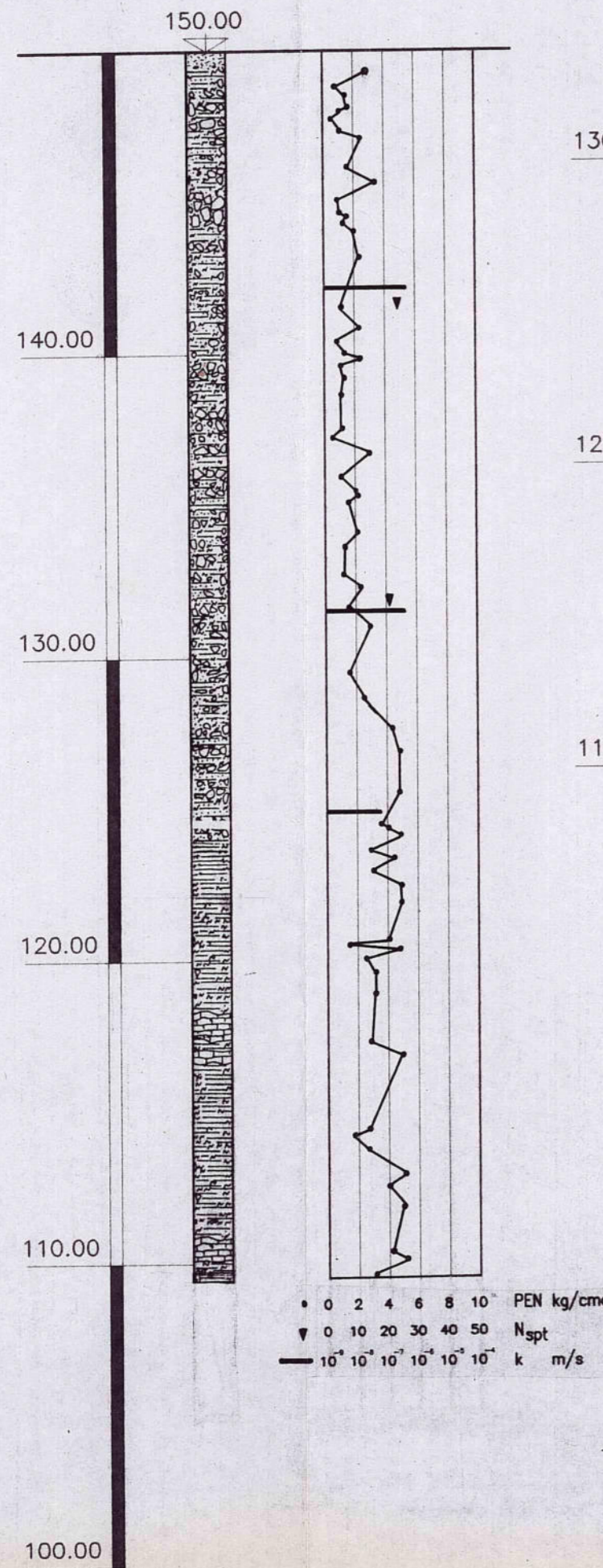
IL SINDACO

Handwritten signature

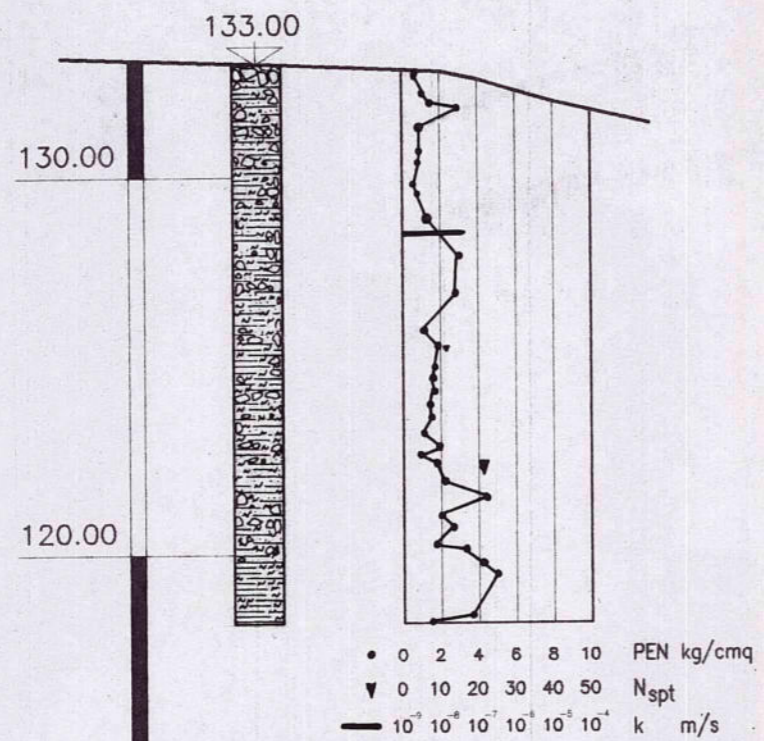
IL PROGETTISTA
(Dott. Ing. Giuseppe Baldoni)

GEOTECNA PROGETTI S.p.A.

SONDAGGIO N. 1

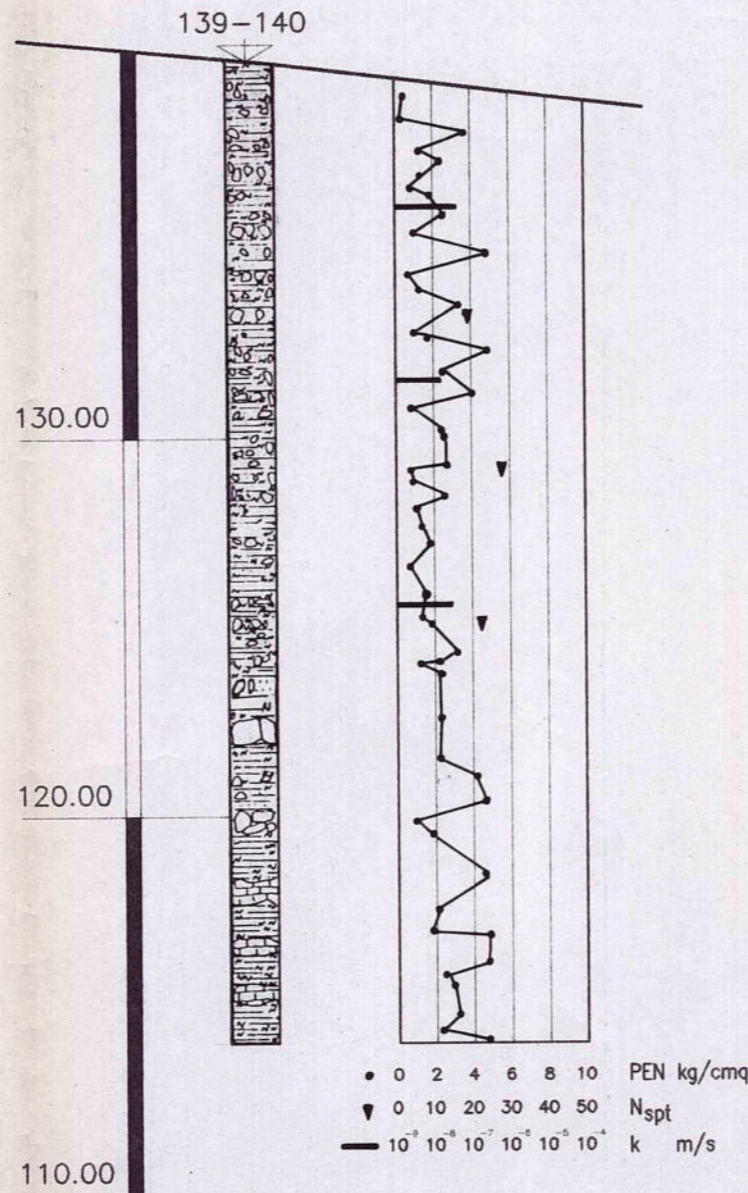


SONDAGGIO N. 2



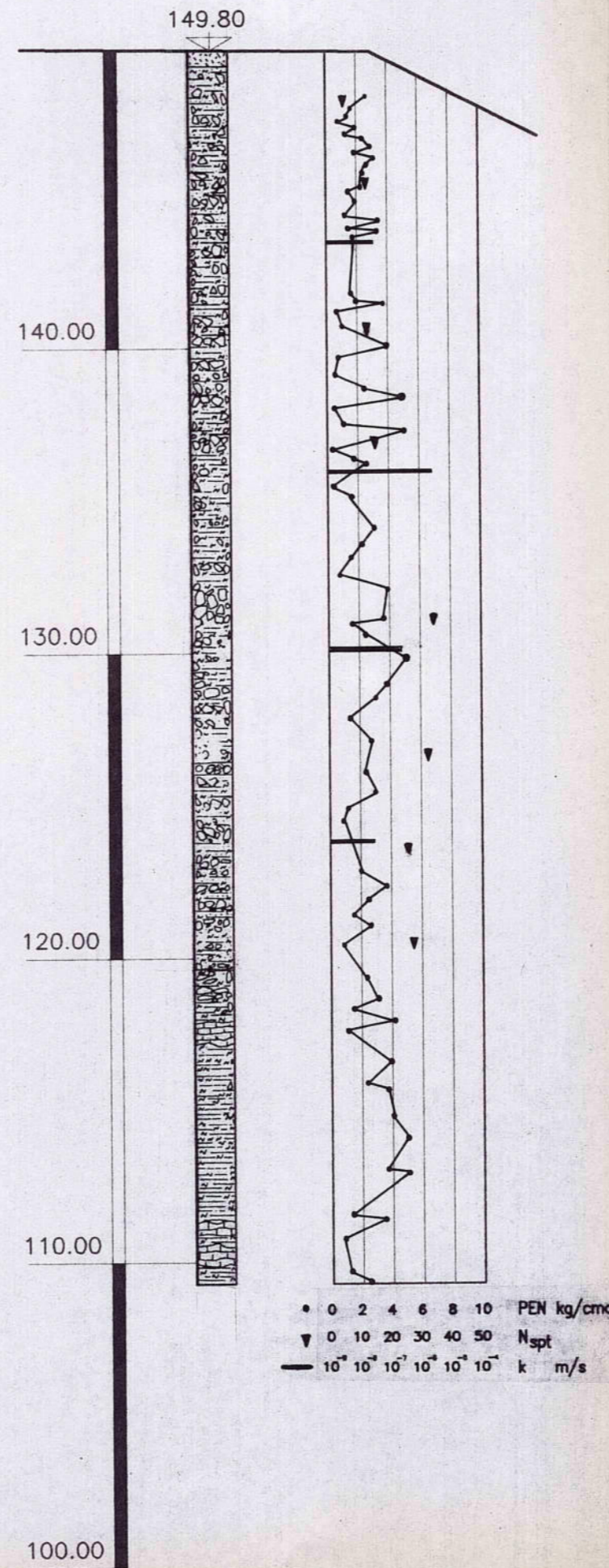
• 0 2 4 6 8 10 PEN kg/cm²
 ▼ 0 10 20 30 40 50 N_{spt}
 — 10⁻² 10⁻⁴ 10⁻⁶ 10⁻⁸ 10⁻¹⁰ k m/s

SONDAGGIO N. 3








• 0 2 4 6 8 10 PEN kg/cm²
 ▼ 0 10 20 30 40 50 N_{spt}
 — 10⁻² 10⁻⁴ 10⁻⁶ 10⁻⁸ 10⁻¹⁰ k m/s

SONDAGGIO N. 4



• 0 2 4 6 8 10 PEN kg/cm²
 ▼ 0 10 20 30 40 50 N_{spt}
 — 10⁻² 10⁻⁴ 10⁻⁶ 10⁻⁸ 10⁻¹⁰ k m/s

LEGENDA

- 
 GHIAIA
- 
 SABBIA
- 
 LIMO
- 
 ARGILLA
- 
 ARGILLA SCAGLIOSA

COMUNE DI PISTOIA

INVASO GIUDEA IN LOCALITA' GELLO (PT)

Interventi per il ripristino funzionale, per l'aumento della capacita' e per l'adeguamento al D.M. 24.3.1982 n.44

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE GEOLOGICA

STRATIGRAFIE DEI SONDAGGI ITALGEO S.r.l.

ALL. N° 3.3

SCALA 1: 200



IL SINDACO
[Signature]

APRILE 1995



GEOTECNA PROGETTI S.p.A.
 Milano

COMUNE DI PISTOIA

INVASO GIUDEA IN LOCALITA' GELLO (PT)

Interventi per il ripristino funzionale, per l'aumento della capacita' e per l'adeguamento al D.M. 24.3.1982 n.44

PROGETTO ESECUTIVO

4 - RELAZIONE GEOTECNICA



APRILE 1995

IL SINDACO



IL PROGETTISTA
(Dott. Ing. Giuseppe Baldovin)

GEOTECNA PROGETTI S.p.A.
Milano



1 PREMESSA

Questa relazione illustra la caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione e dei materiali per il progetto esecutivo degli interventi atti a ripristinare la funzionalità dello sbarramento in località Giudea a Gello di Pistoia, sul Rio dei Fantanacci, aumentando nel contempo il volume invasabile.

L'opera, del tipo diga in terra omogenea in esercizio dal 1974 al 1990, è attualmente fuori servizio in quanto compromessa da franamenti sviluppatasi nel rinfianco di monte negli anni 1990 e 1991.

Nei capitoli seguenti vengono successivamente trattati: lo stato delle conoscenze sulle caratteristiche geometriche dell'opera e sulle condizioni geologiche e idrogeologiche delle formazioni; un'analisi dei dissesti verificatisi sul paramento di monte e nell'invaso; una valutazione geotecnica degli interventi in progetto; i risultati delle prove geotecniche sui terreni di fondazione e sui materiali; la funzionalità dei filtri e dreni previsti in corpo diga; infine, i parametri da assumere per le verifiche di stabilità e le specifiche di posa in opera dei materiali.

2 STATO DELLE CONOSCENZE

2.1 Conoscenze dirette e documentazione consultata

Nel maggio '93 lo scrivente ha preso visione dei luoghi interessati dalle opere in progetto e delle carote dei sondaggi eseguiti nel 1991.

Sono state inoltre consultate: la documentazione del progetto 1965 (Relazioni geologica e tecnica); le relazioni preliminare e finale sui dissesti al paramento interno a firma prof.ing. P.Colombo e relativi allegati tra cui le prove eseguite dall'Italgeo s.r.l. (1991); la relazione tecnica per il ripristino funzionale dell'invaso a firma dott.ing.G.Baldovin (1992) e

allegati, in particolare gli Atti della Commissione di Collaudo del 1973; i risultati di indagini e prove sui terreni di fondazione e del rilevato e sulle cave di prestito eseguite dalla Geotecna srl (1993).

Per le valutazioni geotecniche espresse in questa relazione lo scrivente si è inoltre basato sulle conoscenze personali acquisite negli scorsi anni in aree adiacenti a quella in esame, aventi uguale natura geologica e geotecnica anche per quanto riguarda i materiali per il rilevato arginale.

2.2 Caratteristiche attuali dell'opera

Lo sbarramento attuale è stato formato con le coltri di alterazione degli argilloscisti e delle argilliti presenti nell'area di invaso. Esso è del tipo diga omogenea in materiali sciolti impermeabili con taglio centrale profondo 5 m, con protezione in scogliera a monte e tappeto erboso a valle, ha una lunghezza di 293,5 m, un'altezza massima di 31,9 m e quota coronamento a circa 151 m s.m. Presenta a monte una pendenza variabile da 1/2 in sommità a 1/5 al piede; a valle ha pendenza uniforme 1/2 con 3 banchine rompitratta di larghezza 4 m.

L'invaso, di forma grosso modo quadrata, occupa un volume di circa 850.000 m³ e viene alimentato mediante la derivazione dal T. Vincio di Brandeggio, il bacino imbrifero diretto ha un'estensione irrilevante (0,15 km²).

2.3 Geologia e idrogeologia

Le seguenti note sulla geologia della zona sono state riprese dalla relazione geologica di questo progetto, nella quale sono anche descritte le indagini geognostiche sviluppate nelle formazioni costituenti l'invaso e la zona d'imposta delle opere.

L'invaso si sviluppa totalmente nel "Complesso eterogeneo prevalentemente argillitico" ("Argille scagliose" p.p. Auctt.), alloctono, di età Cretaceo-Eocene, formato da argille marnose e argilliti di colore grigio-azzurro, fogliettate, tettonizzate e disarticolate, inglobanti olistoliti discontinui di arenarie e calcari.

Nella parte più prossima alla superficie le argille marnose e le argilliti assumono una colorazione più chiara e, per alterazione, passano a coltre argillosa eluvio-colluviale grigiastra e giallastra nella quale la scagliettatura originaria è più o meno obliterata.

Poco a monte del lato Nord dell'invaso è presente la formazione del "Macigno", di età Oligocene medio-superiore, autoctono; il litotipo è qui formato da marne siltose grigie e giallastre con sottili interstrati di arenarie a grana fine, costituenti il tetto della formazione.

Il contatto tra le due formazioni è tettonico, o per faglia subverticale o per sovrascorrimento delle argilliti sulle arenarie.

I dati dei sondaggi anche in aree adiacenti all'invaso e gli affioramenti osservati indicano che la coltre di alterazione ha uno spessore medio di 5-9 m, talora anche minore, e passa gradualmente alle argilliti fresche.

La coltre eluviale, al di fuori dell'invaso, tende a raggiungere condizioni di equilibrio con pendenze 1/3-1/5, pari ad angoli di pendio 18°-11°; locali maggiori pendenze potrebbero essere imputabili alla presenza di uno scheletro lapideo più abbondante.

Nell'invaso, le scarpate originarie sono state in parte modificate asportando il materiale per la diga: attualmente si trovano pendenze 1/4-1/5 nei lati N e NE, a monte della pendice in frana; 1/3 appena a monte della spalla destra e su parte del lato SW, dove localmente si trova 1/2,5.

L'impermeabilità dell'invaso e della fondazione dello sbarramento è garantita dalla natura argillitica ed argillosa del complesso eterogeneo.

I corpi arenacei e calcarei possono essere sede di modesti livelli acquiferi, confinati dalle argilliti; una falda di questo tipo era stata individuata e fatta oggetto di interventi negli anni passati (v. verbale di collaudo) con un'opera di presa tuttora in funzione.

2.4 I dissesti sul paramento di monte

Nel 1990 si sono manifestati dei dissesti sul paramento di monte, con formazione di più nicchie e un generale abbassamento del profilo dal ciglio di monte del coronamento fino alla q.137 circa e un rigonfiamento più o meno accentuato al di sotto; movimenti del pendio si sono sviluppati anche dopo novembre '90.

Nel 1994, con gli interventi di bonifica al piede di monte, il movimento si è praticamente esaurito.

I dissesti sono stati ampiamente analizzati nelle relazioni del prof. P.Colombo, alle quali si rimanda per una disamina completa.

Sulla base di tutti gli elementi ora disponibili si possono esprimere le seguenti considerazioni sulle cause remote e prossime del franamento.

a) Natura del materiale

- Gli argilloscisti e le argilliti e loro coltri di alterazione, utilizzate per formare il rilevato, a contatto con l'acqua, se non confinate, si degradano perdendo di resistenza a taglio.
- Il tipo di materiale, costituente il rilevato, caratterizzato da un'elevata percentuale di frazione limoso-argillosa (40-50%, relaz. di collaudo, pag.35; 50-75%, relaz. Italgeo) ha favorito lo sviluppo di fessure di trazione nella parte alta del rinfiango, rimasta per lungo tempo fuori invaso (v. relaz. Prof. P.Colombo e suo stralcio in Appendice 1).

b) Tipologia del franamento

- Nei sondaggi del '91 non è stata individuata la superficie di scorrimento della frana, mentre è stato riconosciuto il passaggio tra i materiali del rilevato e i terreni di fondazione. Questi presentano una struttura scagliettata e sono riferibili in S2 ed S3 per i primi 4-5 m alla parte alterata della formazione di base mentre in S1 ed S4 (eseguiti sull'asse del taglione) sono subito rappresentati dalla formazione di base sana. Inoltre in S3, tra 15,7 e 16,7 m da p.c., alla quota presunta del piano di posa del rilevato, è stato rinvenuto un livello di argilla nerastra e marrone attribuibile a un originario terreno vegetale, di scadenti caratteristiche geotecniche, lungo il quale potrebbe anche aver avuto inizio la rottura. Peraltro sia S2 che gli scavi fatti recentemente al piede del paramento di monte, per realizzare l'arginello provvisorio, non hanno messo in evidenza una continuità di questo livello argilloso.
- Il franamento è stato del tipo scivolamento rotazionale, causato sia dalla diminuzione della coesione, in particolare per effetto della degradazione citata più sopra, sia dalla presenza di sovrappressioni neutre dovute allo svaso rapido.

c) Parametri di stabilità

- Le verifiche di stabilità del '65 erano state sviluppate, come in uso all'epoca, in sforzi totali pur assumendo valori elevati di attrito. Inoltre i parametri erano stati ricavati da provini ricostituiti alla densità massima del Proctor standard mentre per la costruzione del rilevato era stata prescritta una densità secca minima dopo compattazione pari al 90% della stessa. Questo valore è stato confermato dai controlli in corso d'opera (v. Relazione di collaudo, pag. 33 e 34) e dalle prove sui campioni prelevati dai sondaggi del '91 (da 1,61 a 1,69 t/m³: 8 provini; 1,77-1,81 t/m³: 3 provini).
- Nelle verifiche di back analysis, il prof. P.Colombo ha individuato in 29° di attrito e coesione nulla i parametri per le condizioni di instabilità

del pendio. I calcoli sviluppati dalla Geotecna Progetti con gli stessi parametri hanno fornito i medesimi risultati (Ved.Relazione di Calcolo).

- L'insieme di tutti i dati di resistenza a taglio attualmente disponibili per il materiale del rilevato, ottenuti dall'Italgeo su campioni indisturbati e dalla Geotecna su provini ricostituiti con densità secca $1,65 \text{ t/m}^3$, riportati in dettaglio negli Allegati 1 e 2 e, in sintesi, in Appendice 1, fornisce uno spettro di valori di attrito compresi tra 0° e 31° e di coesione c' da 0 a $0,5 \text{ kg/cm}^2$. Come rappresentativi di questo spettro si possono assumere per l'attrito e per la coesione rispettivamente 20° e $0,2 \text{ kg/cm}^2$.
- Una nuova verifica di back analysis con questi ultimi parametri, per cerchi che partono dal ciglio del paramento di monte o dal paramento stesso, fornisce, allo svasso rapido, valori del coefficiente di sicurezza di poco superiori all'unità mentre uno scadimento generale della coesione a $0,1 \text{ kg/cm}^2$ conduce a $F < 1$ (Ved.Appendice 3 e Relazione di Calcolo). Anche in queste verifiche, come già in quelle Italgeo, lo spessore della fascia franata è di circa 10 m.
- La coppia di parametri adottati per questa nuova verifica a posteriori del vecchio rilevato (20° e $0,2 \text{ kg/cm}^2$) trova giustificazione non solo nei risultati delle prove di laboratorio ma anche nel confronto con i dati relativi alla stessa formazione in condizioni indisturbate in aree adiacenti a quella in studio ove erano stati definiti, come valori medio-minimi da assumere in fase di progetto, per terreni di fondazione, angolo di attrito 25° e coesione $0,05 \text{ kg/cm}^2$. I lavori di sbrancamento, stesa e rullatura diminuiscono la granulometria del materiale, e quindi l'attrito, e conferiscono un certo grado di coesione efficace; nel tempo, a causa dell'assenza di confinamento e dell'esposizione agli agenti atmosferici, la coesione è decaduta progressivamente a partire dal paramento di monte, non inerbito e a contatto con l'acqua, provocando il franamento di fette sempre più arretrate.

- Si deve comunque cautelativamente ritenere che il corpo di rilevato ancora in posto conservi globalmente una coesione efficace non inferiore a $0,1 \text{ kg/cm}^2$; questa resistenza potrà essere peraltro mantenuta solo provvedendo tempestivamente a confinare il materiale con un rivestimento di congruo spessore e a proteggerlo dall'acqua dell'invaso.

2.5 Dissesti nell'invaso

Nell'invaso, in sponda sinistra poco a monte dell'argine, si è sviluppato nell'autunno '90 uno scivolamento rotazionale che ha in parte messo a nudo il substrato. La zona coinvolta ha una larghezza di circa 50 m tra le quote 140 e 155 m s.m. e presenta all'intorno fenomeni di erosione regressiva. Fenomeni di erosione superficiale di circa 60-70 m di larghezza interessano sempre la sponda sinistra tra la frana segnalata e il podere Giudea. L'erosione pare imputabile sia all'elevata pendenza della pendice in quel tratto, sia a perdite d'acqua concentrate provenienti dalla rottura di una tubazione.

Avendo nel frattempo eliminato quest'ultima causa, si potrà intervenire con opportune bonifiche in modo da arrestare l'evoluzione del fenomeno verso monte.

La posizione e l'ampiezza dei dissesti sono riportati negli allegati alla Relazione geologica.

3 VALUTAZIONE GEOTECNICA DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO

Il progetto prevede il ripristino della funzionalità dell'opera e l'ampliamento del volume utile mediante una serie di interventi tra i quali as-

sumono rilievo, dal punto di vista geotecnico, l'aumento della quota coronamento, l'esecuzione di scavi sul lato Nord dell'invaso e la sistemazione del franamento a monte diga, in sinistra.

3.1 Aumento della quota coronamento

Il progetto prevede un modesto innalzamento della quota d'invaso, 0.85 m, e di coronamento, m 3.34, per aumentare la capacità del serbatoio.

La nuova sezione tipo della diga comprende, sia a monte che a valle, un "guscio" in materiali alluvionali di elevata resistenza a taglio che avrà la funzione di contenere l'attuale rilevato.

Prima di realizzare questi rinfianchi dovrà essere asportata tutta la parte smossa e franata, individuata planimetricamente negli allegati alla relazione geologica e avente, come si è detto, uno spessore dell'ordine dei 10 m.

In continuità verticale con il vecchio rilevato verrà realizzato un nucleo in materiali impermeabili.

Anche sul paramento di valle si asporterà la coltre alterata prima di porre in opera le alluvioni permeabili.

Lato monte verrà poi stesa una membrana impermeabile, opportunamente protetta su ambo i lati con geotessile e, verso invaso, anche da uno strato drenante di circa 70 cm di spessore con funzione di stabilizzazione della membrana stessa e sua difesa da qualsiasi agente esterno.

Con questi interventi il vecchio rilevato non sarà più a contatto con l'acqua nè soggetto alle pressioni neutre durante gli svassi; inoltre il confinamento imposto dal guscio in alluvioni garantirà contro il decadimento della sua resistenza a taglio.

La membrana assolverà la funzione di tenuta primaria, mentre il vecchio rilevato svolgerà una funzione di difesa sussidiaria, nell'ipotesi, peraltro remota, di rottura della membrana. In questa ipotesi il drenaggio, allo svasso rapido, del rinfianco di monte sarà assicurato da letti drenanti suborizzontali.

Il controllo di eventuali travenazioni sarà garantito anche dal vecchio dreno inclinato, situato nel rinfianco di valle.

La nuova sezione tipo conferisce stabilità all'opera anche nell'evento estremo di rottura della membrana: a valle di questa si trova infatti una struttura zonata, in grado di captare le filtrazioni attraverso il dreno e garantire un ulteriore controllo delle permeazioni mediante la vecchia struttura di tenuta e la stabilità dell'insieme grazie al nuovo rinfianco di valle, permeabile e con elevata resistenza a taglio.

Un altro aspetto riguarda i cedimenti nel tempo: poiché i nuovi interventi comportano un minimo sovrizzo della quota coronamento, si può ritenere con tutta sicurezza che gli assestamenti saranno molto contenuti essendosi la quasi totalità esaurita nel corso dei più di venti anni di esercizio ormai trascorsi. Assestamenti di entità ridotta potranno al più svilupparsi con i primi invasi, quando il carico dell'acqua agirà, attraverso la membrana, sul rilevato. Per conservare nel tempo il franco, è prevista dal progetto un sovrizzo con rimonta del coronamento.

3.2 Scavi sul lato Nord dell'invaso

Per ampliare il volume utile è prevista una riprofilatura delle pendici Nord sotto invaso arretrando di circa 20 m la scarpata attuale, conferendo pendenze 1/4 agli argilloscisti.

Questa pendenza si è dimostrata compatibile con la stabilità delle sponde nei 17 anni di esercizio dell'impianto; in ogni caso un'eventuale evoluzione

dei versanti potrà al più comportare la formazione di colamenti, sempre sotto invaso, su pendenze molto blande e non si avranno quindi riflessi pratici né sui volumi invasati né effetti dinamici sullo specchio liquido.

E' opportuno inoltre osservare che un eventuale arretramento della sponda si arresterà contro le bancate marnose del "Macigno" di migliori caratteristiche geotecniche e non potrà quindi proseguire o ampliarsi ulteriormente verso monte.

3.3 Sistemazione del franamento in sinistra

Il modesto franamento, evidenziato negli allegati alla Relazione geologica, verrà agevolmente stabilizzato mediante un placcaggio e un rincalzo al piede, da ottimizzare in funzione delle caratteristiche geotecniche dei terreni e delle esigenze di salvaguardare i volumi di invaso.

4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

4.1 Terreni di fondazione

La struttura degli argilloscisti, caratterizzata da numerose discontinuità anche a livello centimetrico, rende molto difficile la preparazione di provini indisturbati per le prove di laboratorio. Presso la Geotecna S.r.l. sono stati comunque analizzati 5 campioni prelevati mediante fustelle da trincee profonde 1-2 m. Il contenuto d'acqua è risultato compreso tra 7 e 14% e i pesi di volume allo stato secco da 1.87 a 2.23 g/cm³. I campioni presentano una frazione superiore a 2 mm dal 10 al 30%, mentre la frazione limoso-argillosa supera il 60%.

I valori limiti di liquidità e plasticità sono relativi a materiali della classe CL (argille inorganiche di bassa plasticità). Una prova all'edometro ha fornito un'indice di compressibilità pari a 0.183 e una permeabilità inferiore a 1x10⁻⁷ cm/s.

Con due prove di taglio diretto, di 3 provini ciascuna, sono stati determinati: attrito 24° - 31° , coesione 0.15-0.05 kg/cm².

Nell'indicare i parametri da assumere per le verifiche di stabilità occorre tener presente che il comportamento in grande è condizionato soprattutto dalla frazione fine, mentre i livelli lapidei, disarticolati e conglobati nella matrice, giocano un ruolo secondario.

Tenendo presenti inoltre gli studi eseguiti sulla stessa formazione in aree adiacenti, si ritengono rappresentativi dei valori medio-minimi sperimentali: attrito 25° e coesione 0.05 kg/cm².

4.2 Materiali

Rilevato esistente

L'esame dei dati sperimentali disponibili è stato sviluppato nel precedente capitolo 2.4, dove sono stati giustificati i valori di attrito 20° e coesione 0,1 kg/cm².

Per il drenaggio inclinato esistente nel rinfiango di valle e il tappeto drenante si indicano attrito 30° e coesione 0.

Nuovi materiali

Rinfiango di monte e di valle, colmata al piede di monte e placcaggio in sponda sinistra

Questi materiali sono stati individuati in una cava di prestito in alluvioni recenti terrazzate a circa 2 km a valle della diga in località S.Giorgio, in fregio all'Ombrone. Gli studi sviluppati dalla Geotecna e riportati nell'allegato 2 (planimetria, stratigrafie dei pozzetti, prove geotecniche in sito e in laboratorio) hanno individuato l'esistenza, sotto una coltre di 1-2 m di limi sabbiosi, di più di 10 metri di alluvioni ghiaioso sabbiose a granulometria assortita (ciottoli 16-52%, ghiaia 30-62%, sabbia 10-20%,

frazione fine 8-14%) e aventi permeabilità, dopo costipamento, dell'ordine di 10^{-5} cm/s e attrito 35° - 39° . Poiché sono presenti, all'interno delle ghiaie e sabbie, delle lenti limose, si indicano, per il progetto, 32° di attrito. Per garantire il drenaggio allo svasso rapido, nel caso di rottura della membrana, si dovranno inserire nel rinfianco di monte dei letti drenanti ottenuti ad esempio per selezione o vagliatura delle alluvioni.

Le stesse alluvioni ghiaiose, cavate sotto falda, verranno impiegate per la costituzione del rinfianco di valle.

I volumi accertati di materiale ghiaioso (dell'ordine 260.000 m^3) sono in grado di soddisfare le quantità richieste dal progetto (216.900 m^3).

Nucleo impermeabile sopra l'attuale rilevato e tampone impermeabile al piede del paramento di monte

Potranno essere realizzati con un misto alluvionale ottenuto mescolando con varie percentuali i limi sabbiosi e alluvioni ghiaioso-sabbiose della cava S.Giorgio: per il "tampone" impermeabile 70% limo e 30% alluvioni e per il "nucleo" 40% limo e 60% alluvione.

Il limo sabbioso è formato da ghiaia 8%, sabbia 28%, frazione fine 64% e ha un limite liquido di 29.8 e un indice plastico di 8.3. Costipato con 270 tm/m^3 , ha fornito una densità secca massima di 1.885 g/cm^3 con un'umidità ottima di 11%. Ricostituito con densità secca di 1.79 g/cm^3 , pari al 95% della massima, si sono ottenuti: al triassiale, con prova CU, attrito efficace 27° e coesione 0.4 kg/cm^2 , al permeometro permeabilità media $3.8 \times 10^{-7} \text{ cm/s}$.

Il materiale misto, proposto per le zone impermeabili del progetto, risulta composto da ciottoli 24%, ghiaia 30%, sabbia 21% e frazione fine 25%. Al permeometro, su campioni ricostituiti con densità 1.79 g/cm^3 , è stato misurato un coefficiente di permeabilità pari a $1.7-1.9 \times 10^{-7} \text{ cm/s}$.

Tampone al piede del paramento di monte

Realizzato come collegamento con l'argine provvisorio, nel tampone si inserisce la membrana di tenuta e dovrà avere caratteristiche di impermeabilità. Potrà essere realizzato nella parte inferiore con il materiale argillo-limoso della cava S.Giorgio, coltivando selettivamente lo strato limoso di copertura della cava, al quale si attribuiscono attrito 20° e coesione 0.01 kg/cm^2 . La parte superiore, in ghiaia e sabbia, avrà una resistenza a taglio di 30° di attrito.

Transizione sabbio-ghiaiosa, strati drenanti e tappeto drenante

Le transizioni sabbio-ghiaiose poste sopra e sotto la membrana e i geotessili, nonché gli strati drenanti entro le alluvioni e il tappeto drenante di valle saranno realizzati con materiale ghiaioso-sabbioso incoerente, ricavato da alluvioni.

Scogliera a protezione del paramento di monte e del placcaggio in sponda sinistra

Sono stati analizzati dei materiali calcarei prodotti da cave in esercizio a circa 30 km dal sito diga, Il peso di volume secco è risultato compreso tra 2.61 e 2.67 g/cm^3 , la resistenza a compressione monoassiale tra 500 e 900 kg/cm^2 e il contenuto in carbonati tra 80 e 95%.

Argine provvisorio

L'arginello, già costruito allo scopo di garantire una riserva d'acqua per il comune di Pistoia, verrà a far parte della nuova diga. Esso è formato in parte con materiale ghiaioso, già a protezione del vecchio paramento di monte, e in parte con tout-venant prevalentemente alluvionale proveniente da sbancamenti e scavi nella zona di Pistoia. Si assume per questo materiale posto in opera costipato, un angolo di attrito di 30° .

Colmata di valle

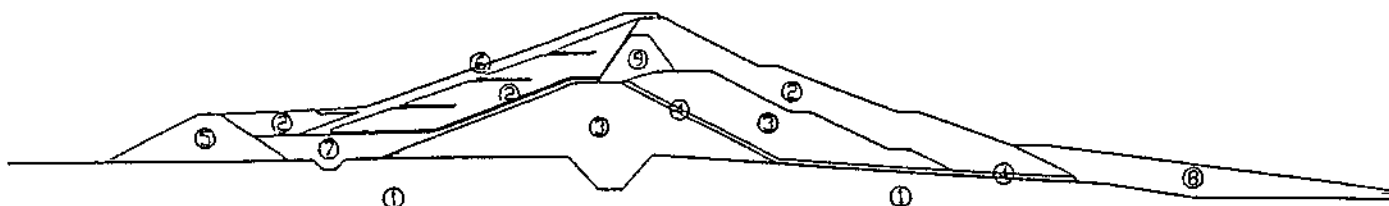
Al piede di valle è prevista una colmata di piccola entità da realizzare con materiale di risulta degli scavi, al quale si attribuiscono 15° di attrito.

5 PARAMETRI PER LE VERIFICHE

Si riepilogano i parametri geotecnici da adottare per le verifiche di stabilità:

PARAMETRI GEOTECNICI UTILIZZATI PER LE VERIFICHE

FORMAZIONE	γ [t/m ³]	γ_{sat} [t/m ³]	c' [t/m ²]	φ' [°]	suolo [n°]
Argillocisti di base	2.10	2.25	0.50	25	1
Materiali alluvionali per i rinfianchi	2.05	2.20	0.0	32	2
Argillocisti rilevato esistente	2.00	2.05	1.0	20	3
Drenaggio	1.95	2.20	0.0	30	4
Argine provvisorio	2.00	2.25	0.0	30	5
Scogliera e letti drenanti	1.95	2.20	0.0	30	6
Tampone al piede di monte parte sup.	2.05	2.20	0.0	32	2
Tampone al piede di monte parte inf.	2.00	2.05	0.1	20	7
Colmata di valle	1.70	1.90	0.0	15	8
Nucleo sopra l'attuale rilevato	2.00	2.05	0.0	25	9



6 PRESCRIZIONI PER LE SINGOLE ZONE

Rinfianchi di monte e di valle

Fuso della composizione granulometrica: diametro massimo 200 mm; passante a 60 mm tra 48 e 83%; passante a 20 mm tra 33 e 54%; passante a 2 mm tra 16 e 34%; passante a 0.075 mm non superiore del 20% per il rinfianco di monte, mentre, per quello di valle lo stesso passante non dovrà superare il 10%. Stesura in opera su strati non maggiori di 50 cm dopo costipamento; densità secca non inferiore al 95% della massima ottenuta con prova Proctor modificata.

Tampone impermeabile al piede del paramento di monte

Fuso della composizione granulometrica: diametro massimo 60 mm; passante a 2 mm tra 80 e 100%; passante a 0.075 mm tra 50 e 90%. Limite liquido compreso tra 30 e 50; indice plastico tra 15 e 25. Stesura in opera su strati non maggiori di 20 cm dopo costipamento; densità secca non inferiore al 95% della massima ottenuta con prova Proctor modificata e comunque non inferiore a 1.75 t/m³; corrispondente umidità da -1 a +4% dell'ottima; permeabilità non superiore a 1x10⁻⁷ cm/s.

"Nucleo" centrale

Fuso della composizione granulometrica: diametro massimo 60 mm; passante a 2 mm tra 60 e 80%; passante a 0.075 mm tra 35 e 80%. Limite liquido compreso tra 30 e 50; indice plastico tra 15 e 25. Stesura in opera su strati non maggiori di 20 cm dopo costipamento; densità secca non inferiore al 95% della massima ottenuta con prova Proctor modificata e comunque non inferiore a 1.75 t/m³; corrispondente umidità da -1 a +4% dell'ottima; permeabilità non superiore a 1x10⁻⁷ cm/s.

Transizione ghiaiosa

La composizione granulometrica dovrà ricadere entro il fuso seguente: diametro massimo 80 mm; passante a 20 mm maggiore del 60%; passante a 5 mm compreso tra 10% e 20%; passante a 2 mm 5% massimo; passante a 0.075 mm inferiore al 3%. Dopo costipamento in opera, su strati non superiori a 30 cm, la permeabilità sarà non inferiore a 1×10^{-3} cm/s avendo ottenuto densità secca di almeno 2 t/m^3 e non inferiore al 95% della prova Proctor modificata.

Strati drenanti e filtri

Fuso della composizione granulometrica: diametro massimo 25 mm; passante a 20 mm maggiore dell'80%; passante a 5 mm compreso tra 20% e 50%; passante a 2 mm 30% massimo; passante a 0.075 mm inferiore al 3%. Dopo costipamento in opera, su strati non superiori a 30 cm, la permeabilità sarà non inferiore a 1×10^{-3} cm/s avendo ottenuto densità secca di almeno 2 t/m^3 e non inferiore al 95% della prova Proctor modificata.

Collettore dei drenaggi

I drenaggi veri e propri, per la raccolta delle acque di filtrazione, saranno costituiti da ghiaia con diametro massimo 70 mm; passante a 50 mm tra 40% e 70%; passante a 20 mm inferiore al 10%.

Scogliera a protezione del paramento di monte e del placcaggio in sponda sinistra

Granulometricamente la scogliera sarà formata con pezzatura massima 500 mm; passante a 200 mm tra 65% e 100%; passante a 100 mm tra 30 e 100%, passante a 20 mm tra 0 e 35%; passante a 10 mm inferiore a 15%. Il materiale dovrà avere contenuto in carbonati di almeno 85%,

durabilità Id almeno 95%, resistenza a compressione almeno 400 kg/cm². Verrà costipata in strati di spessore massimo 70 cm e dopo rullatura dovrà avere densità secca di almeno 1.9 t/m³ e permeabilità non inferiore a 1x10⁻² cm/s.

7 PARAMETRI PER LA GALLERIA DELLO SCARICO DI FONDO

La galleria dello scarico di fondo e derivazione interesserà (Ved. Relazione Geologica), in parte la coltre eluviale e in parte la formazione argillitica di base.

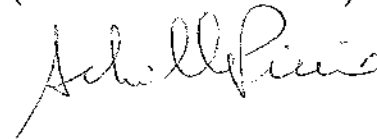
Con riferimento alle conoscenze acquisite sulle caratteristiche geotecniche (Ved. Cap. 2 e 4), si indicano i seguenti parametri geotecnici per la progettazione della galleria

FORMAZIONE	Peso di volume [t/m ³]	Attrito [°]	Coesione [t/m ²]	Modulo di deformaz. [t/m ²]
Eluvio	2.3	24	0.	1.000
Argilloscisto	2.3	25	0.5	1.500

La falda freatica, pur se di modesta entità, è prossima al piano campagna e pertanto deve essere tenuta presente nel calcolare le pressioni litostatiche efficaci.

Pavia, Aprile 1995

(Prof. dott. Achille Piccio)



APPENDICE 1

Stralcio della Relazione geotecnica preliminare del 26.7.1991 redatta dal Prof.Ing.P.Colombo sui *"Dissesti al paramento interno della diga di sbarramento del Bacino della Giudea in località Gello di Pistoia"*

OSSERVAZIONI CONCLUSIVE

Le osservazioni e misure raccolte con le indagini in posto di vario tipo, eseguite, e con le notizie riportate nella varia documentazione, insieme con i risultati delle verifiche di stabilità indicano che i dissesti avvenuti sul paramento di monte hanno interessato solo il materiale del rilevato e non il terreno di fondazione.

Condizioni di instabilità sembrano legate al materiale prevalentemente argilloso del rilevato, le cui caratteristiche meccaniche medie specialmente per la fascia relativamente superficiale del pendio sono peggiorate sotto l'azione degli agenti atmosferici nei periodi di inverno con livelli alle quote minime.

Dalle verifiche si hanno infatti coefficienti di sicurezza inferiori a 1 nelle condizioni di svasso rapido per resistenza al taglio caratterizzata da coesione nulla e angoli di attrito inferiori a 30° .

Come è stato detto all'inizio le prove geotecniche di laboratorio sono in corso e sulla base dei dati che verranno raccolti con queste prove si potranno riesaminare e affinare le osservazioni sopraesposte e pervenire all'individuazione dei criteri di intervento più opportuni da adottare per il ripristino dell'opera.

(Prof.Ing. Pietro Colombo)

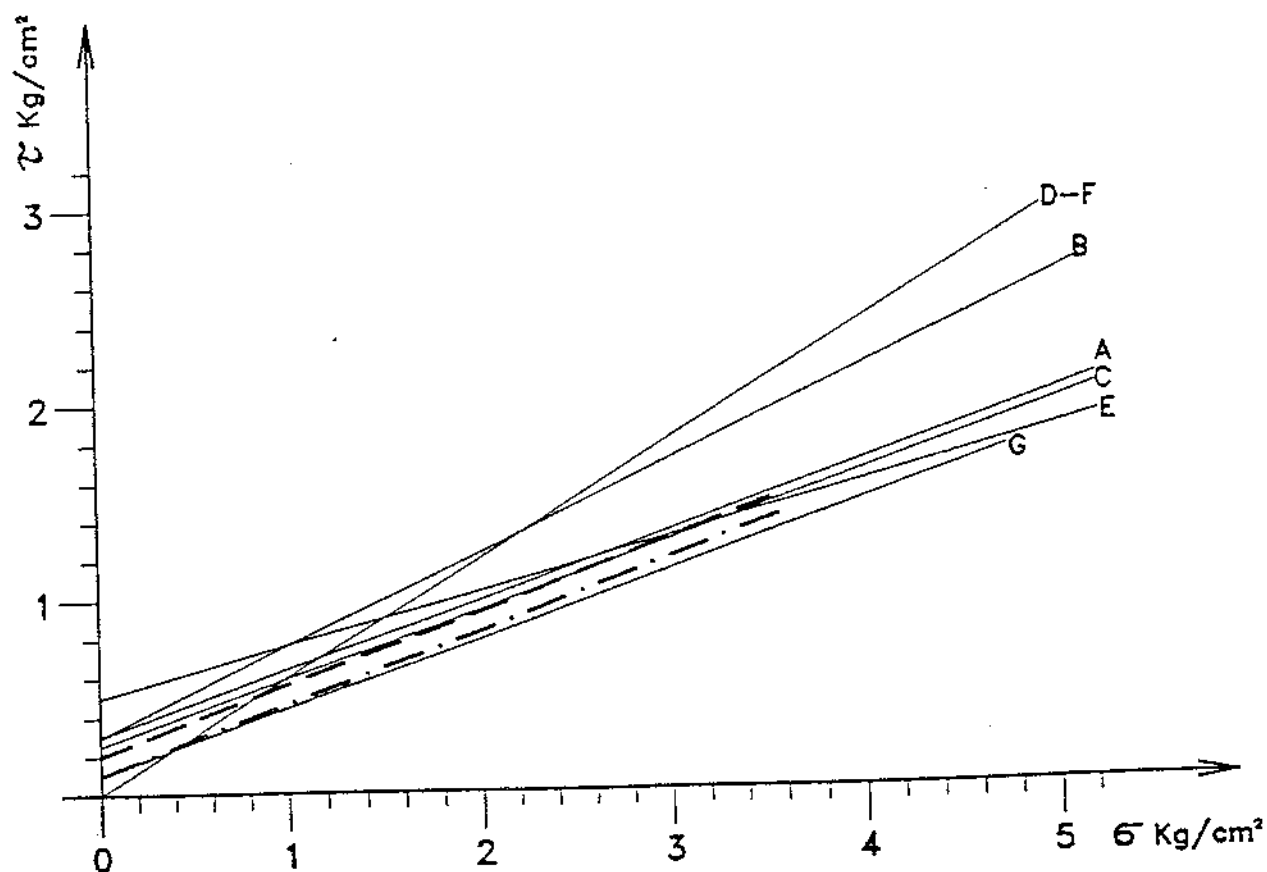
Padova, 26.7.1991

APPENDICE 2
INVILUPPI DELLE RESISTENZE A TAGLIO DEL RILEVATO
ESISTENTE

Sigla	Sond.	Camp	m	γ_d	φ' (°)	c' (kg/cm ²)	Prova	Vel mm/min	NOTE	
A	S1	C4	16	1.68	19	0.3	CU	0.05	2 cerchi	Italgeo da c.i dei sondaggi
B	S2	C1	6.5	1.66	25	0.3	T DIR	0.024	3 punti	"
C	S3	C2	8.7	1.67	19	0.25	CU	0.05	3 cerchi	"
D	S3	C3	12.5	1.64	31	0.00	T DIR	0.024	2 punti	"
E	S4	C3	13.5	1.79	15	0.5	CU	0.05	2 cerchi	"
F	S4	C5	21	1.64	31	0.00	T DIR	0.024	2 punti	"
G	-	-	-	1.65	18	0.15	CU	0.024	3 cerchi	Geotecnica campione ricostituito

LEGENDA

- - - - Retta rappresentativa della resistenza a fine costruzione
 $\varphi' = 20^\circ - c' = 0.2 \text{ kg/cm}^2$
- · - · - Retta rappresentativa della resistenza dopo decadimento della coesione
 $\varphi' = 20^\circ - c' = 0.1 \text{ kg/cm}^2$



APPENDICE 3

Back analysis della stabilità a svaso rapido del paramento di monte della diga esistente:

FIG. 3.1 e 3.2 Con parametri a fine costruzione $\varphi' = 20^\circ$ - $c' = 0.2 \text{ kg/cm}^2$

FIG. 3.3 e 3.4 Con parametri dopo decadimento della coesione $\varphi' = 20^\circ$
- $c' = 0.1 \text{ kg/cm}^2$

BACINO DELLA GIUDER -- PARAM. DI MONTE



SUOLO	PESO SP. UMIDO	PESO SP. SATURO	COESIONE	ANGOLO D'ATTR.	PRESS. PORI
No	Kg/mc	Kg/mc	Kg/mq	Gradi	
1	2000.00	2100.00	500.00	25.00	.00
2	2000.00	2100.00	2000.00	20.00	.00
3	2100.00	2200.00	.00	30.00	.00
4	2100.00	2200.00	.00	45.00	.00
5	2000.00	2100.00	500.00	25.00	.00

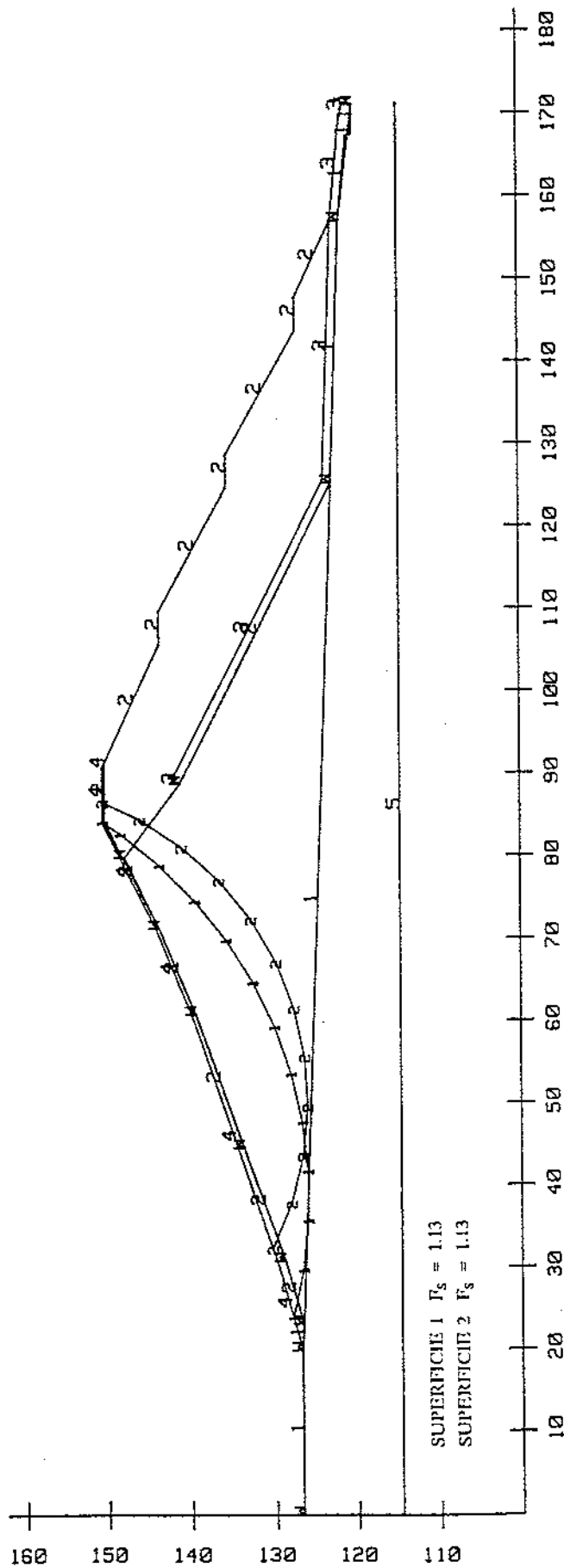


Fig.3.1



BACINO DELLA GIUDER - PARAM. DI MONTE

NUO.	PESO SP. UMIDO Kg/mc	PESO SP. SATURO Kg/mc	COESIONE Kg/mq	ANGOLO D'ATTR. Gradi	PRESS. PORI
1	2000.00	2100.00	500.00	25.00	.00
2	2000.00	2100.00	2000.00	20.00	.00
3	2100.00	2200.00	.00	30.00	.00
4	2100.00	2200.00	.00	45.00	.00
5	2000.00	2100.00	500.00	25.00	.00

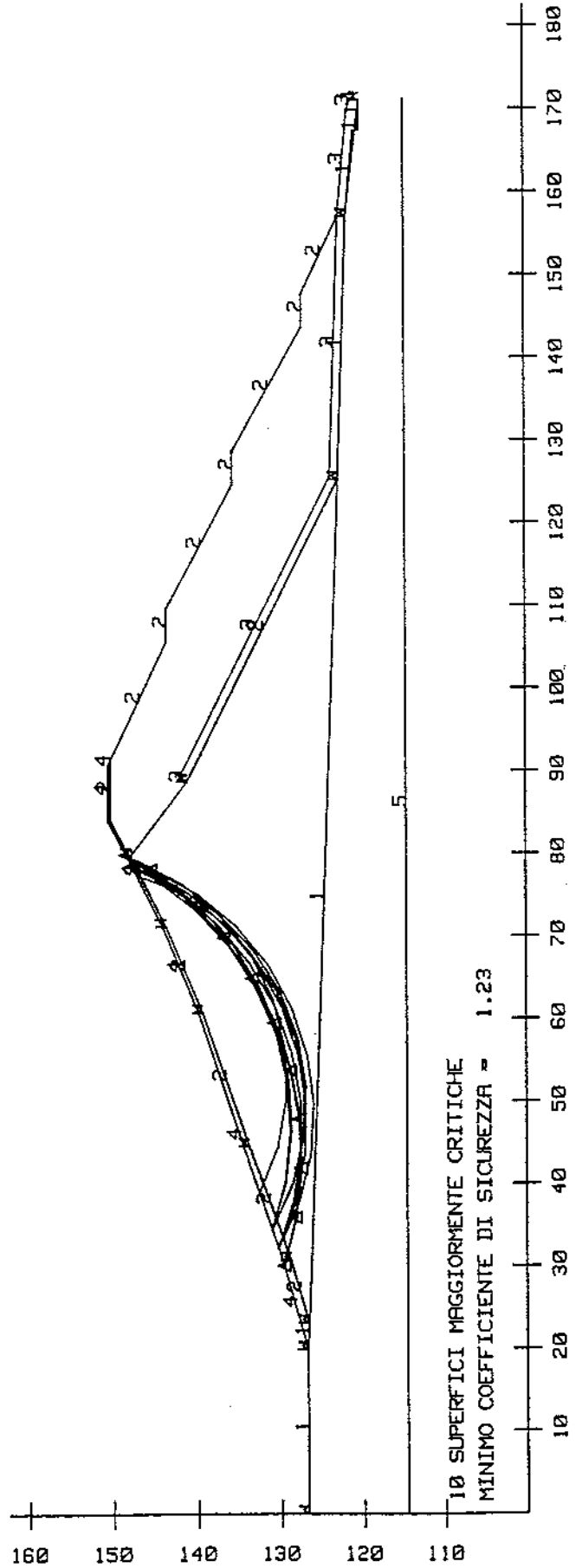
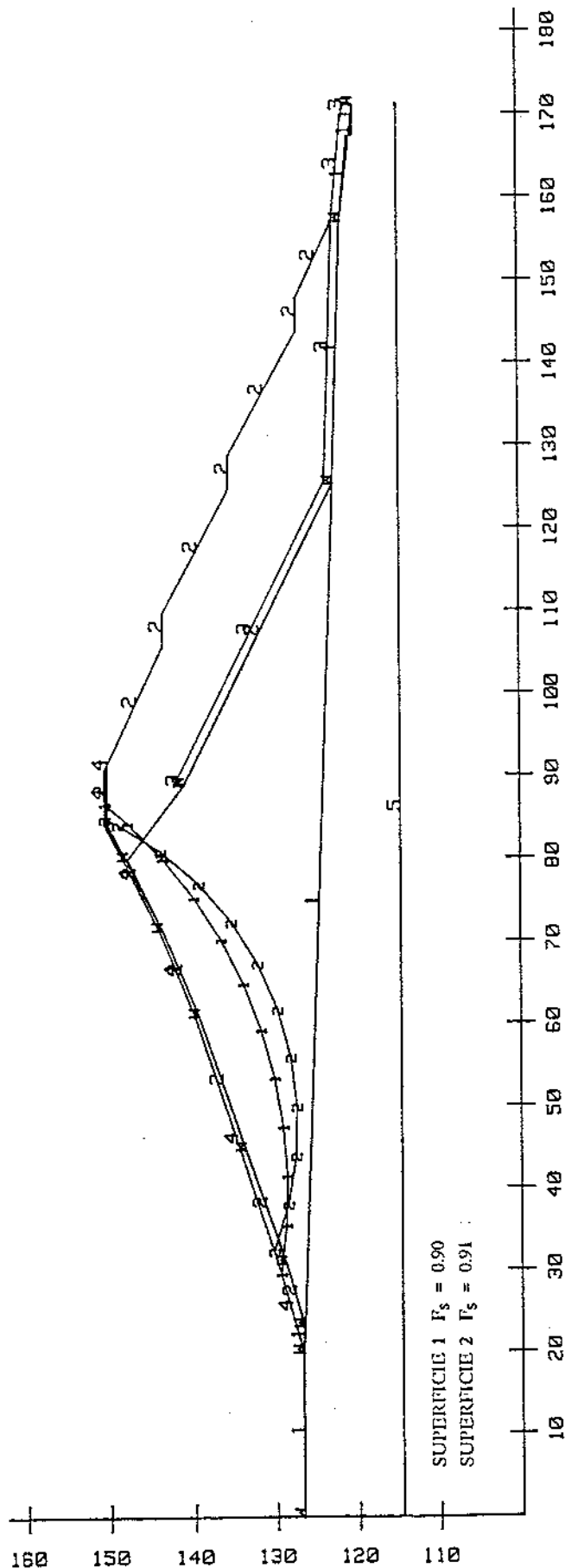


Fig.3.2

BACINO DELLA GIUDER - PARAM. DI MONTE



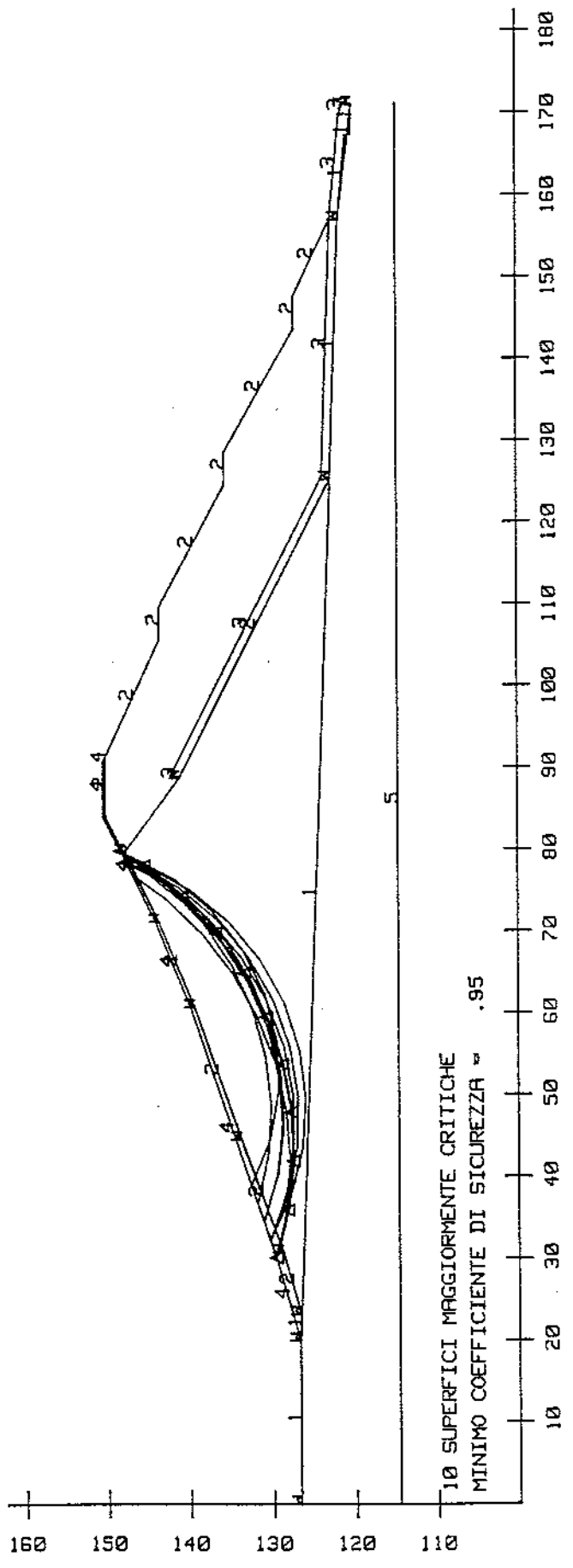
SOLO	PESSO SP. UNIDO	PESSO SP. SATURO	COESIONE	ANGOLO D'ATTR.	PRESS. PORI
No	Kg/mc	Kg/mc	Kg/mq	Gradi	
1	2000.00	2100.00	500.00	25.00	.00
2	2000.00	2100.00	1000.00	20.00	.00
3	2100.00	2200.00	.00	30.00	.00
4	2100.00	2200.00	.00	45.00	.00
5	2000.00	2100.00	500.00	25.00	.00





BACINO DELLA GIUDEA - PARAM. DI MONTE

SUOLO No	PESO SP. UNIDO Kg/mc	PESO SP. SATURO Kg/mc	COESIONE		ANGOLO D'ATTR. Gradi	PRESS. PORI
			Kg/mq			
1	2000.00	2100.00	500.00		25.00	.00
2	2000.00	2100.00	1000.00		20.00	.00
3	2100.00	2200.00	.00		30.00	.00
4	2100.00	2200.00	.00		45.00	.00
5	2000.00	2100.00	500.00		25.00	.00



10 SUPERFICI MAGGIORMENTE CRITICHE
MINIMO COEFFICIENTE DI SICUREZZA = .95

COMUNE DI PISTOIA

INVASO GIUDEA IN LOCALITA' GELLO (PT)

Interventi per il ripristino funzionale, per l'aumento della capacita' e per l'adeguamento al D.M. 24.3.1982 n.44

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE GEOTECNICA

PROVE DI LABORATORIO ITALGEO S.r.l.

ALL. N° 4.1



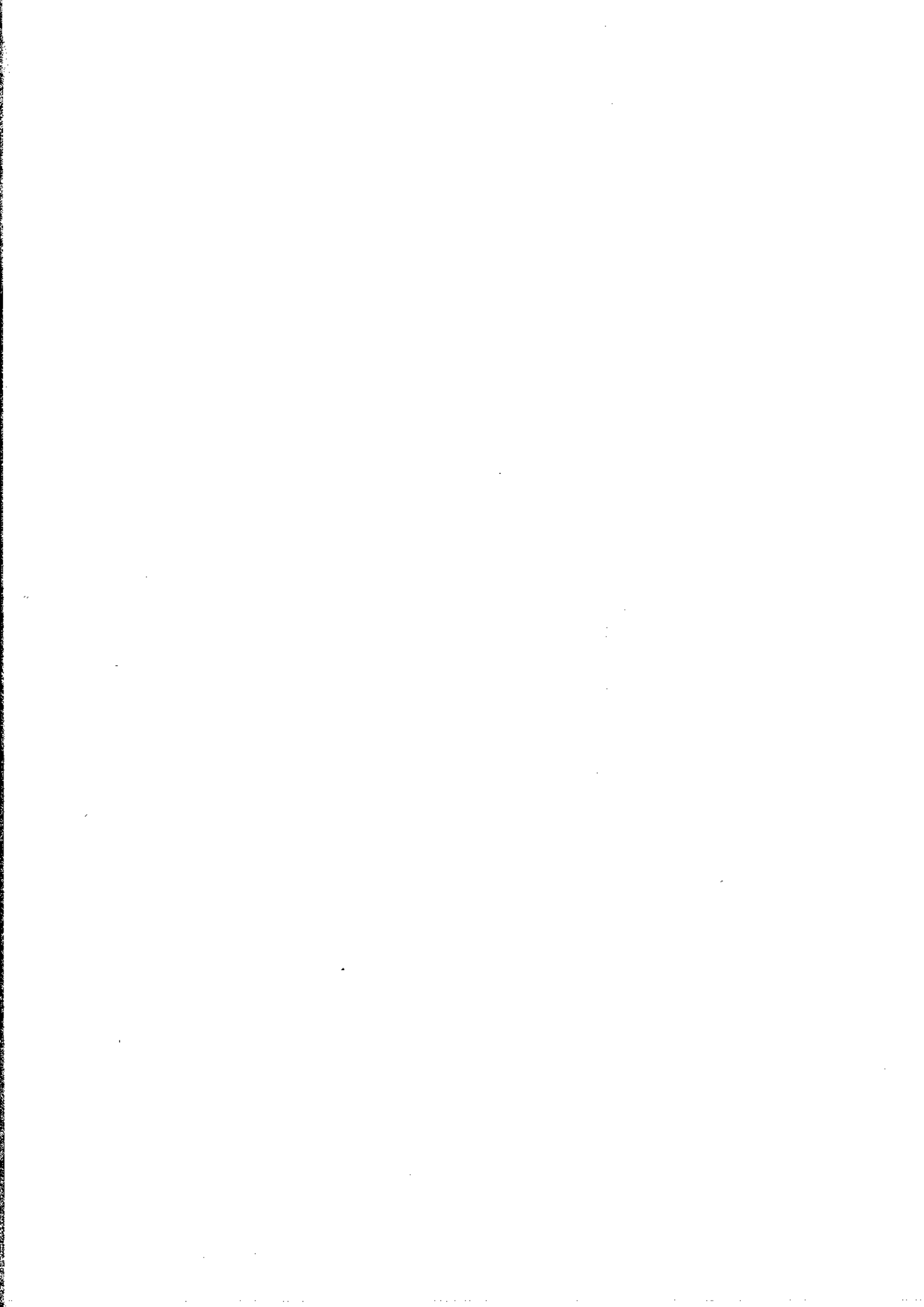
APRILE 1995

IL SINDACO



IL PROGETTISTA
(Dott. Ing. Giuseppe Baldovin)

GEOTECNA PROGETTI S.p.A.
Milano

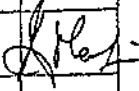


COMUNE DI PISTOIA

Dissesti al paramento interno
della diga di sbarramento
del Bacino della Giudea in località Gello

Prove geotecniche di laboratorio

ALLEGATO 2

3			
2			
1			
0	29/08/1991		
REV.	DATA.	DESCRIZIONE	RED.

Spett.le

C O M U N E
D I
P I S T O I A

Oggetto: Dissesti al paramento interno della diga di sbarramento del
bacino della Giudea in località Gello.
Prove geotecniche di laboratorio.

Sui campioni prelevati con i sondaggi eseguiti nel cantiere
di cui all'oggetto sono state condotte le seguenti prove geotecniche di
laboratorio:

- consistenza con pocket penetrometer;
- resistenza al taglio con torvane;
- contenuto naturale d'acqua;
- limiti di Atterberg (LL);
- peso dell'unità di volume;
- peso specifico assoluto dei grani;
- analisi granulometrica con vagliatura meccanica (GR);
- prova edometrica ad incrementi di carico controllati (IL);
- prova triassiale consolidata e non drenata con misura della pressione
nei pori (Tx CIU);
- prova triassiale non consolidata non drenata (TxUU);
- prova di taglio diretto consolidata e drenata (DS).

I simboli usati hanno il seguente significato:

Pen = consistenza con pocket penetrometer in Kg/cm^2 ;

Tor = resistenza al taglio con torvane in Kg/cm^2 ;

Wn = contenuto naturale d'acqua in %;

Wl = limite di liquidità in %;

Wp = limite di plasticità in %;

Ip = indice di plasticità;

γ = peso dell'unità di volume in gr/cm^3 ;

Gs = peso specifico assoluto dei grani in gr/cm^3 ;

p = pressione verticale nella prova edometrica in Kg/cm^2 ;

e = indice dei vuoti nella prova edometrica;

Cv = coefficiente di consolidazione nella prova edometrica in cm^2/s ;

Mv = coefficiente di compressibilità di volume nella prova edometrica in cm^2/Kg ;

K = coefficiente di permeabilità nella prova edometrica in cm/s ;

Cc = indice di compressione nella prova edometrica;

σ = pressione verticale nella prova di taglio diretto in Kg/cm^2 ;

τ = sforzo di taglio nella prova di taglio diretto in Kg/cm^2 ;

Sr = spostamenti orizzontali a rottura nella prova di taglio diretto in mm;

H = altezza del provino nella prova di taglio diretto in mm;

ϕ = diametro del provino nella prova di taglio diretto in mm;

p_1 = tensione totale maggiore nella prova triassiale in Kg/cm^2 ;

p_3 = tensione totale minore nella prova triassiale in Kg/cm^2 ;

u = pressione interstiziale nella prova triassiale in Kg/cm^2 ;

p_1^i = tensione effettiva maggiore nella prova triassiale in Kg/cm^2 ;

p_3^i = tensione effettiva minore nella prova triassiale in Kg/cm^2 ;

c = coesione in Kg/cm^2 ;

φ = angolo di attrito;

ϵ_R = deformazioni percentuali a rottura;

W_I = umidità iniziale in %;

W_F = umidità finale in %.

In allegato sono riportati i diagrammi e le tabelle con i risultati delle prove di laboratorio.

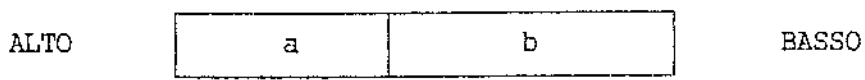
Padova, 29/8/1991.

ITALGEO S.R.L.
[Handwritten signature]

DITTA	COMUNE DI PISTOIA
CANTIERE	GELLO
SONDAGGIO	1
CAMPIONE	1
PROFONDITA'	2.80 - 3.10

TIPO DI CAMPIONE : INDISTURBATO
 TIPO DI CONTENITORE : FUSTELLA CILINDRICA INOX

LUNGHEZZA CAMPIONE : Dichiarata 30.0 (cm) Reale 28.0 (cm)
 DIAMETRO CAMPIONE : 7.8 (cm)



DESCRIZIONE GEOTECNICA DEL CAMPIONE ED EVENTUALI PROVE DI CONSISTENZA CON POCKET PENETROMETER E TORVANE :

- a) Spessore = 12 cm
PARTE RIMANEGGIATA
- b) Spessore = 16 cm
argilla limosa nocciola con granuli sabbiosi e numerosi noduli calcarei e marnosi
Pen = 3.5 - 4.2 (kg/cm²) - Tor = (kg/cm²)

PROVE PREVISTE :

strato b) Wn - LL

NOTE :

DITTA	COMUNE DI PISTOIA
CANTIERE	GELLO
SONDAGGIO	1
CAMPIONE	1(b)
PROFONDITA'	2.80 - 3.10

CARATTERISTICHE GENERALI DEL CAMPIONE

TIPO DI PROVA	SIMBOLO	UNITA' DI MISURA	RISULTATI PROVE
CONTENUTO NATURALE D'ACQUA	Wn	%	24
LIMITE DI LIQUIDITA'	WL	%	30
LIMITE DI PLASTICITA'	WP	%	21
INDICE DI PLASTICITA'	IP		9
PESO DELL'UNITA' DI VOLUME		gr/cm ³	
PESO SPECIFICO ASSOLUTO	Gs	gr/cm ³	
RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE CON ESPANSIONE LATERALE LIBERA	qu	kg/cm ²	
CLASSIFICAZIONE CNR UNI 10006			
DETERMINAZIONE DEI CARBONATI		%	

NOTE :

DITTA	COMUNE DI PISTOIA
CANTIERE	GELLO
SONDAGGIO	1
CAMPIONE	2
PROFONDITA'	7.30 - 7.60

TIPO DI CAMPIONE : INDISTURBATO
 TIPO DI CONTENITORE : FUSTELLA CILINDRICA INOX

LUNGHEZZA CAMPIONE : Dichiarata 30.0 (cm) Reale 28.0 (cm)
 DIAMETRO CAMPIONE : 7.8 (cm)

ALTO	a	b	BASSO
------	---	---	-------

DESCRIZIONE GEOTECNICA DEL CAMPIONE ED EVENTUALI PROVE DI CONSISTENZA
 CON POCKET PENETROMETER E TORVANE :

- a) Spessore = 7 cm
 PARTE RIMANEGGIATA
- b) Spessore = 21 cm
 argilla debolmente limosa marron nocciola con noduli calcarei
 e marnosi di varie dimensioni
 Pen = 2.5 (kg/cm²) - Tor = (kg/cm²)

PROVE PREVISTE :

strato b) Wn - LL - γ - Tx UU

NOTE :

DITTA	COMUNE DI PISTOIA
CANTIERE	GELLO
SONDAGGIO	1
CAMPIONE	2(b)
PROFONDITA'	7.30 - 7.60

CARATTERISTICHE GENERALI DEL CAMPIONE

TIPO DI PROVA	SIMBOLO	UNITA' DI MISURA	RISULTATI PROVE
CONTENUTO NATURALE D'ACQUA	W _n	%	19
LIMITE DI LIQUIDITA'	WL	%	42
LIMITE DI PLASTICITA'	WP	%	20
INDICE DI PLASTICITA'	IP		22
PESO DELL'UNITA' DI VOLUME		gr/cm ³	2.11
PESO SPECIFICO ASSOLUTO	G _s	gr/cm ³	
RESISTENZA ALLA COMPRESIONE CON ESPANSIONE LATERALE LIBERA	q _u	kg/cm ²	
CLASSIFICAZIONE CNR UNI 10006			
DETERMINAZIONE DEI CARBONATI		%	

NOTE :

DITTA COMUNE DI PISTOIA
 CANTIERE GELLO
 SONDAGGIO 1 CAMPIONE 2(b) PROFONDITA' 7.30 - 7.60

σ_c	b.p.	σ_3	σ_1	u	σ_3'	σ_1'	ϵ_R	v_I	v_F
2.4	0.9	1.5	2.38				9.9	17.7	19.3
PROVINO SATURATO IN CONTROPRESSIONE									

TIPO DI PROVA :

- Taglio diretto consolidato e drenato
- Taglio diretto non consolidato non drenato
- Taglio diretto consolidato e drenato con misura della resistenza massima e residua
- Prova triassiale consolidata e drenata (CD)
- Prova triassiale non consolidata non drenata (UU)
- Prova triassiale consolidata e non drenata con misura della pressione nei pori (CU)

Velocità di prova = 0.7 mm/min

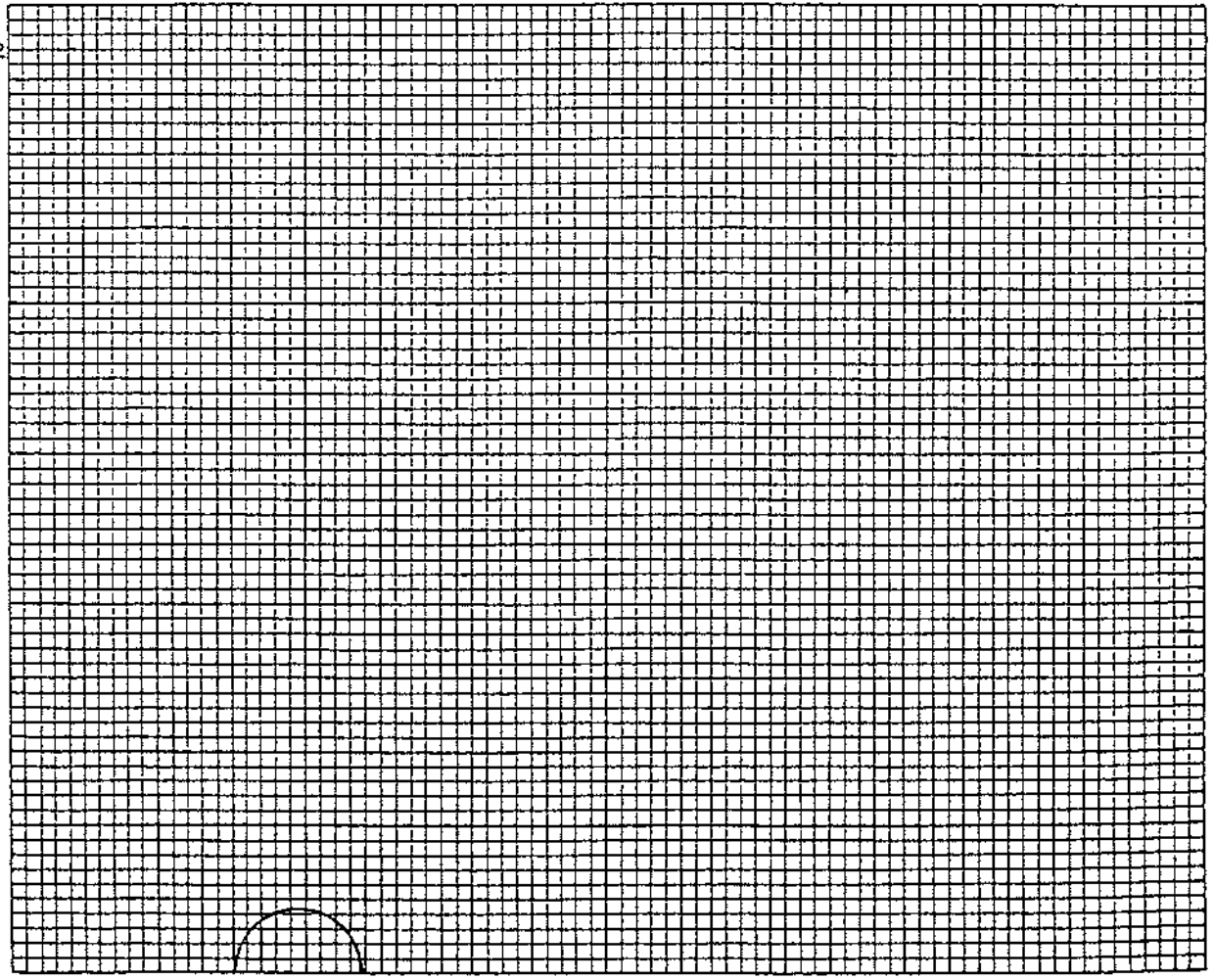
$\varphi = \dots\dots\dots$

$C = \dots\dots\dots \text{ Kg/cm}^2$

$\varphi_r = \dots\dots\dots$

$C_r = \dots\dots\dots \text{ Kg/cm}^2$

τ
Kg/cm²



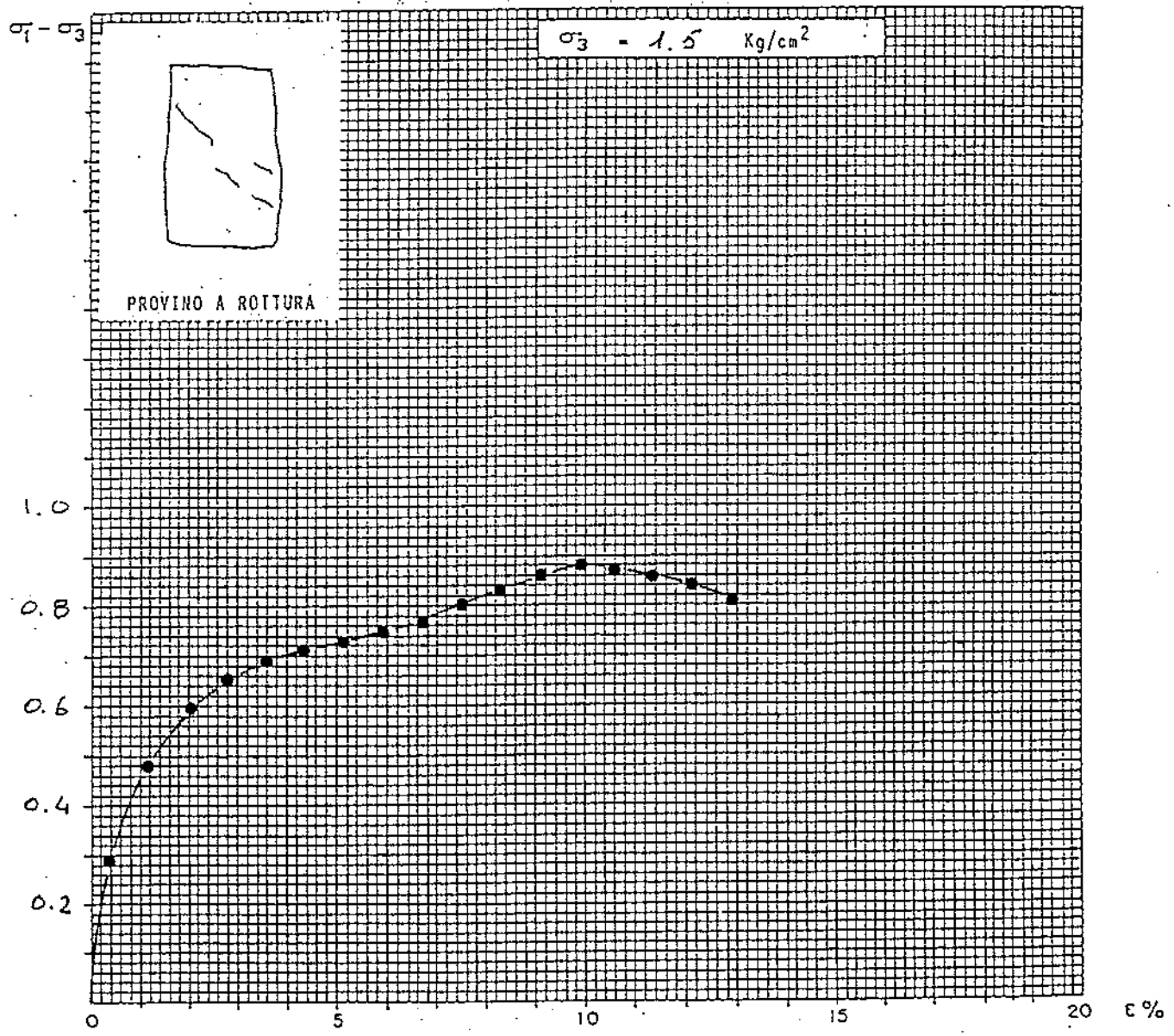
σ Kg/cm²

DITTA..... COMUNE DI PISTOIA

CANTIERE..... GELLO

SONDAGGIO..... 1 CAMPIONE..... 2(b) PROFONDITA'..... 7.30' - 7.60

DIAGRAMMA SFORZI - DEFORMAZIONI



TIPO DI PROVA:

- Triassiale non consolidata non drenata (U.U.)
- Consolidata e non drenata con misura della pressione
- Consolidata e drenata nei pori (C.U.)

DIMENSIONI DEL PROVINO:

altezza (h) = 7.61 cm Diametro medio (D) = 3.65 cm

DITTA	COMUNE DI PISTOIA
CANTIERE	GELLO
SONDAGGIO	1
CAMPIONE	3
PROFONDITA'	12.6Ø - 12.9Ø

TIPO DI CAMPIONE : INDISTURBATO
 TIPO DI CONTENITORE : FUSTELLA CILINDRICA INOX

LUNGHEZZA CAMPIONE : Dichiarata 30.0 (cm) Reale 35.0 (cm)
 DIAMETRO CAMPIONE : 7.8 (cm)

ALTO



BASSO

DESCRIZIONE GEOTECNICA DEL CAMPIONE ED EVENTUALI PROVE DI CONSISTENZA
 CON POCKET PENETROMETER E TORVANE :

- a) Spessore = 12 cm
 PARTE RIMANEGGIATA
- b) Spessore = 23 cm
 argilla debolmente limosa nocciola con numerosi noduli calcarei
 e marnosi
 Pen = 2.3 (kg/cm²) - Tor = (kg/cm²)

PROVE PREVISTE :

Wn - LL - GR

NOTE :

DITTA	COMUNE DI PISTOIA
CANTIERE	GELLO
SONDAGGIO	1
CAMPIONE	3(b)
PROFONDITA'	12.60 - 12.90

CARATTERISTICHE GENERALI DEL CAMPIONE

TIPO DI PROVA	SIMBOLO	UNITA' DI MISURA	RISULTATI PROVE
CONTENUTO NATURALE D'ACQUA	Wn	%	18
LIMITE DI LIQUIDITA'	WL	%	41
LIMITE DI PLASTICITA'	WP	%	19
INDICE DI PLASTICITA'	IP		22
PESO DELL'UNITA' DI VOLUME		gr/cm ³	
PESO SPECIFICO ASSOLUTO	Gs	gr/cm ³	
RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE CON ESPANSIONE LATERALE LIBERA	qu	kg/cm ²	
CLASSIFICAZIONE CNR UNI 10006			
DETERMINAZIONE DEI CARBONATI		%	

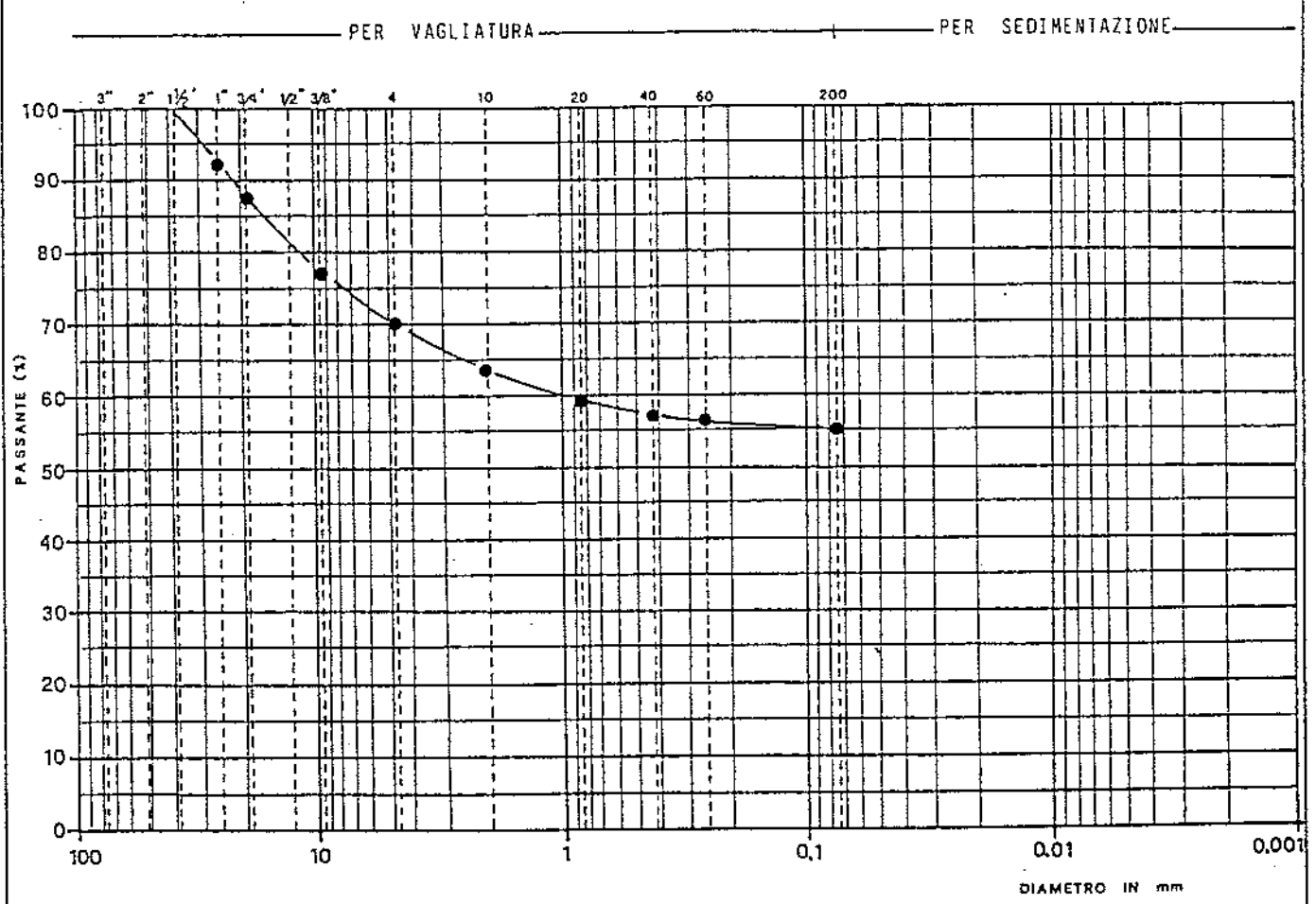
NOTE :

DITTA ... COMUNE DI PISTOIA

CANTIERE ... GELLO

SONDAGGIO ... 1 ... CAMPIONE ... 3(b) ... PROFONDITA' ... 12.60 - 12.90

CURVA GRANULOMETRICA



CIOTTOLI	G H I A I A				S A B B I A				L I M O			ARGILLA
	G	M	F		G	M	F					
	60	20	6	2	0.6	0.2	0.05					0.002

- ANALISI GRANULOMETRICA: PER VIA SECCA PER VIA UMIDA
- SETACCI SERIE ASIM SETACCI SERIE UNI
- ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE
- METODO CON DENSIMETRO METODO CON PIPETTA DI ANDREASEN

DITTA	COMUNE DI PISTOIA
CANTIERE	GELLO
SONDAGGIO	1
CAMPIONE	4
PROFONDITA'	16.10 - 16.50

TIPO DI CAMPIONE : INDISTURBATO
 TIPO DI CONTENITORE : FUSTELLA CILINDRICA INOX

LUNGHEZZA CAMPIONE : Dichiarata 40.0 (cm) Reale 35.0 (cm)
 DIAMETRO CAMPIONE : 7.8 (cm)

ALTO

a

BASSO

DESCRIZIONE GEOTECNICA DEL CAMPIONE ED EVENTUALI PROVE DI CONSISTENZA
 CON POCKET PENETROMETER E TORVANE :

- a) Spessore = 35 cm
 argilla debolmente limosa nocciola con noduli calcarei e marnosi
 Pen = 1.8 - 2.0 (kg/cm²) - Tor = (kg/cm²)

PROVE PREVISTE :

Wn - LL - γ - GR - Tx CIU

NOTE :

DITTA	COMUNE DI PISTOIA
CANTIERE	GELLO
SONDAGGIO	1
CAMPIONE	4
PROFONDITA'	16.10 - 16.50

CARATTERISTICHE GENERALI DEL CAMPIONE

TIPO DI PROVA	SIMBOLO	UNITA' DI MISURA	RISULTATI PROVE
CONTENUTO NATURALE D'ACQUA	Wn	%	21
LIMITE DI LIQUIDITA'	WL	%	55
LIMITE DI PLASTICITA'	WP	%	21
INDICE DI PLASTICITA'	IP		34
PESO DELL'UNITA' DI VOLUME		gr/cm3	2.03
PESO SPECIFICO ASSOLUTO	Gs	gr/cm3	
RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE CON ESPANSIONE LATERALE LIBERA	qu	kg/cm2	
CLASSIFICAZIONE CNR UNI 10006			
DETERMINAZIONE DEI CARBONATI		%	

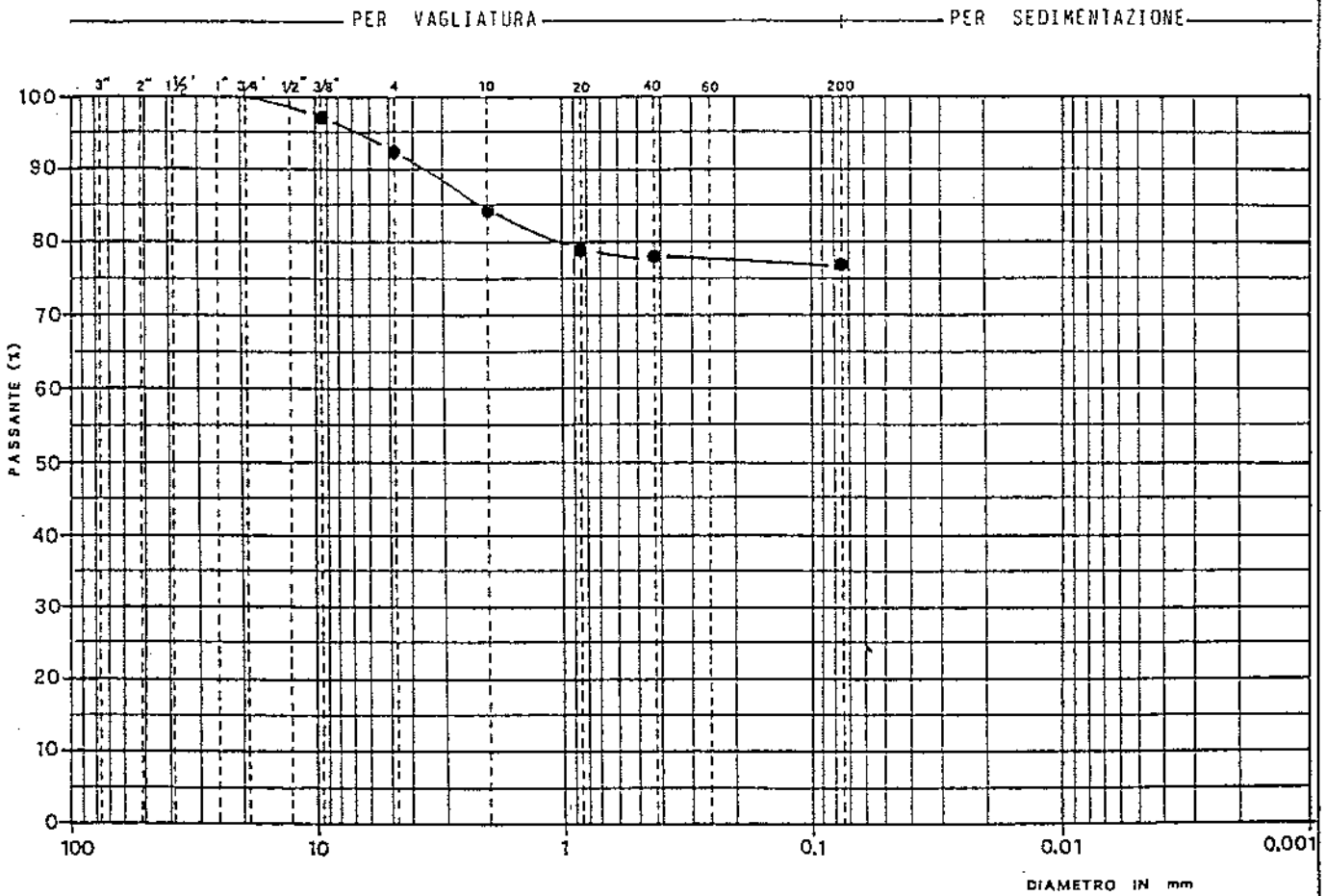
NOTE :

DITTA .. COMUNE DI PISTOIA

CANTIERE .. GELLO

SONDAGGIO 1 CAMPIONE 4 PROFONDITA' 16.10 - 16.50

CURVA GRANULOMETRICA



CIOTTOLI	G H I A I A			S A B B I A			L I M O			ARGILLA
	G	M	F	G	M	F				
	60	20	6	2	0.6	0.2	0.06			0.002

ANALISI GRANULOMETRICA: PER VIA SECCA PER VIA UMIDA

SETACCI SERIE ASTM SETACCI SERIE UNI

ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

METODO CON DENSIMETRO METODO CON PIPETTA DI ANDREASEN

DITTA..... COMUNE DI PISTOIA.....

CANTIERE..... GELLO.....

SONDAGGIO..... 1..... CAMPIONE..... 4..... PROFONDITA' 16.10 - 16.50

σ_c	b.p.	σ_3	σ_1	u	σ_3'	σ_1'	ϵ_R	v_I	v_F
2.9	1.36	1.54	3.45	0.53	1.01	2.92	2.9	19.5	20.8
4.9	1.87	3.03	6.38	0.34	2.69	6.04	7.5	19.9	19.7
PROVINI SATURATI IN CONTROPRESSIONE									

TIPO DI PROVA :

- Taglio diretto consolidato e drenato
- Taglio diretto non consolidato non drenato
- Taglio diretto consolidato e drenato con misura della resistenza massima e residua
- Prova triassiale consolidata e drenata (CD)
- Prova triassiale non consolidata non drenata (UU)
- Prova triassiale consolidata e non drenata con misura della pressione nei pori (CU)

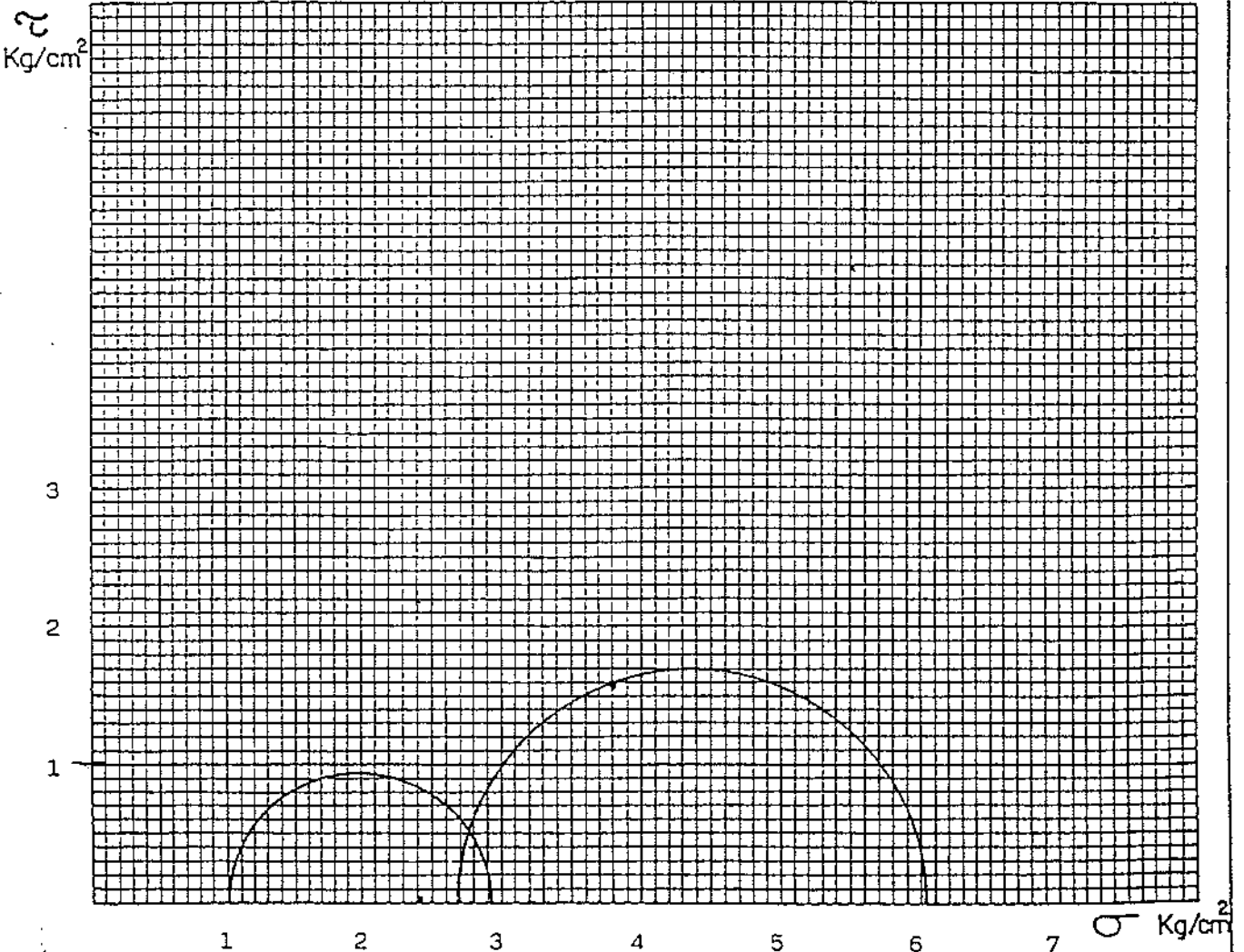
Velocità di prova = 0.05 mm/min

$\varphi = \dots\dots\dots$

$C = \dots\dots\dots \text{ Kg/cm}^2$

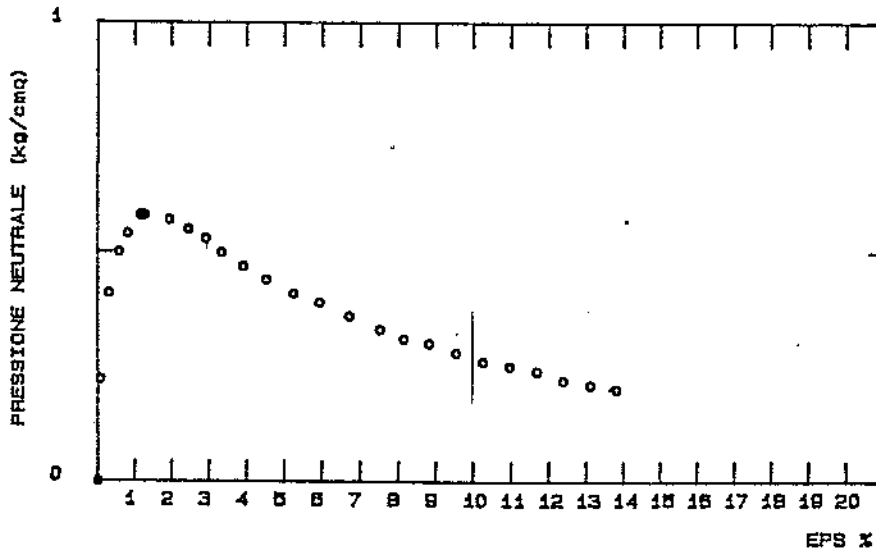
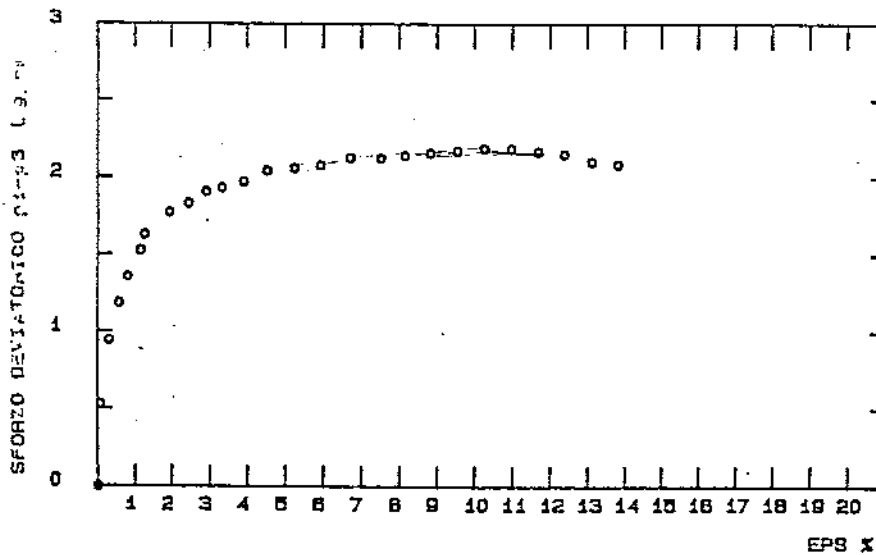
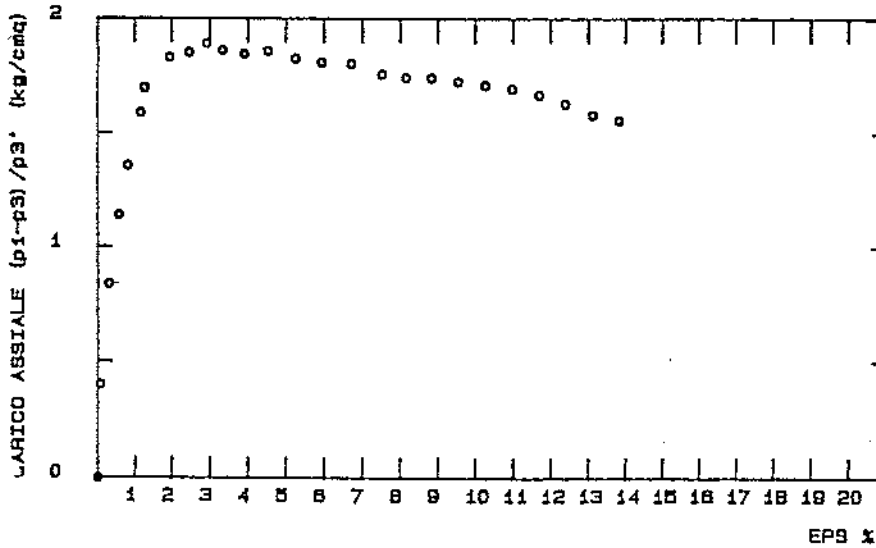
$\varphi_r = \dots\dots\dots$

$C_r = \dots\dots\dots \text{ Kg/cm}^2$



COMMITTENTE : COMUNE DI PISTOIA
 CANTIERE : GELLO
 SONDAGGIO : 1
 CAMPIONE : 4
 PROFONDITA' [m] : 16.10 - 16.50

PROVA TRIASSIALE CONSOLIDATA ISOTROPICAMENTE NON DRENATA (Tx CIU)



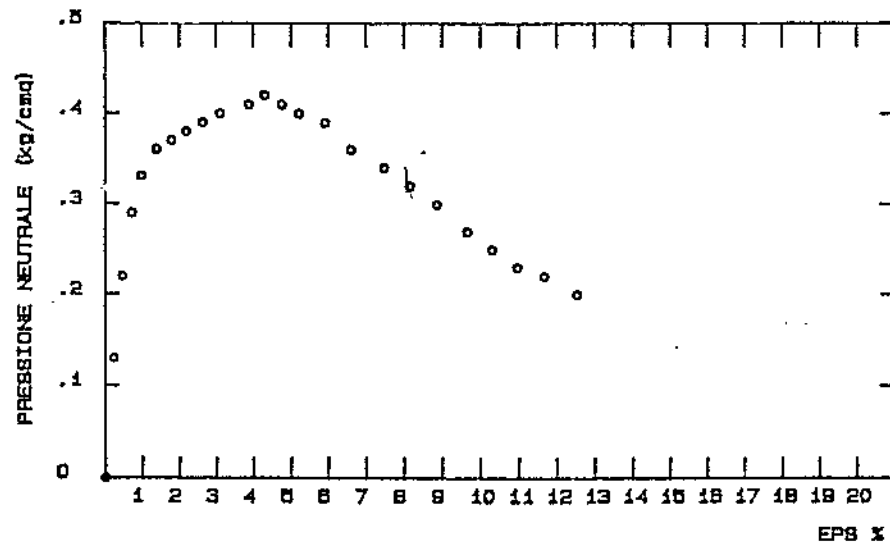
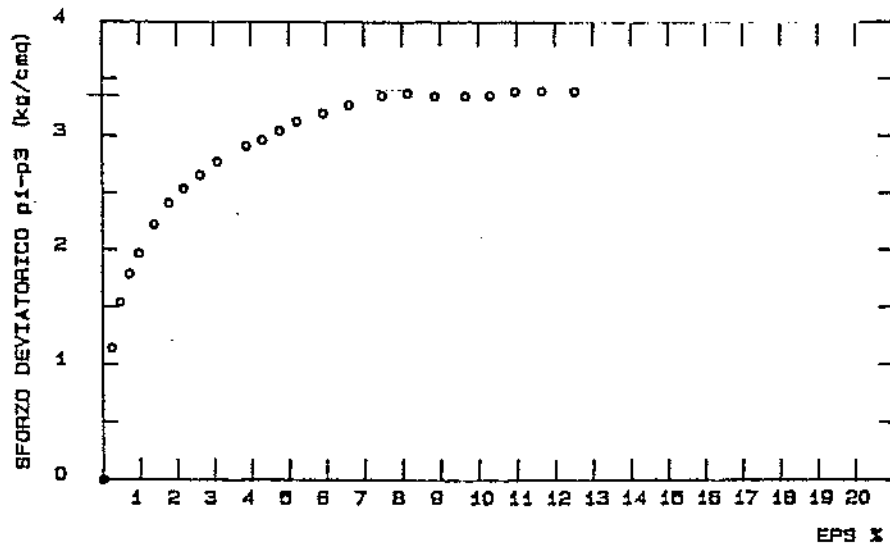
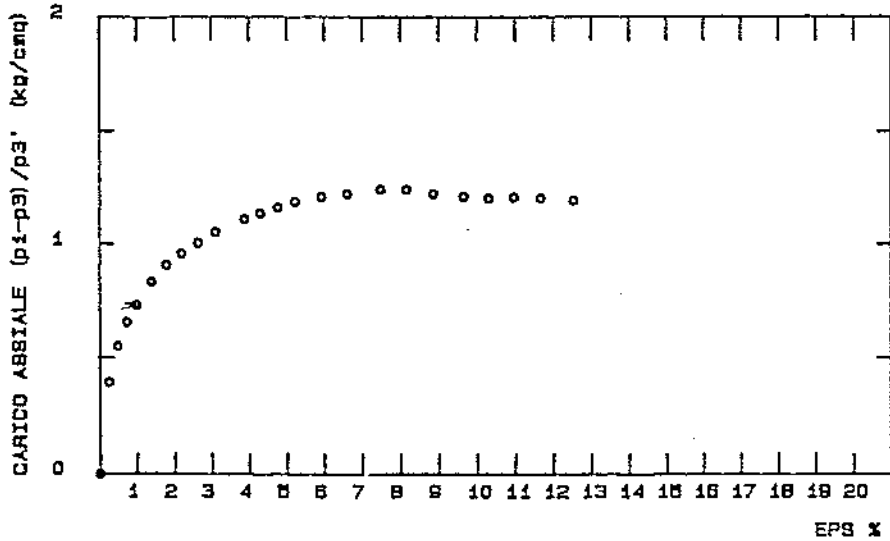
PROVINO NUMERO	2
VELOCITA' PROVA [mm/min]	0.05
PRESS. IN CELLA [kg/cm²]	2.9
BACK PRESSURE [kg/cm²]	1.36
PRESS. EFF. IN CELLA [kg/cm²]	1.54
ALTEZZA INIZIALE [cm]	7.66
DIAMETRO INIZIALE [cm]	3.59
VAR. ALT. FINE CONSOL. [cm]	0.14
VAR. VOL. FINE CONSOL. [cc]	3.2
PESO BECCO [gr]	136.277
UMIDITA' INIZIALE [%]	19.484
UMIDITA' FINALE [%]	20.840
SFORZO DEVIAT. MAX [kg/cm²]	1.90
DEFORMAZ. A ROTTURA [%]	2.888

SCHIZZO A ROTTURA

ITALGEO SRL
PADOVA

COMMITTENTE : COMUNE DI PISTOIA
 CANTIERE : GELLO
 SONDAGGIO : 1
 CAMPIONE : 4
 PROFONDITA' [m] : 16.10 - 16.50

PROVA TRIASSIALE CONSOLIDATA ISOTROPICAMENTE NON DRENATA (Tx CIU)



PROVINO NUMERO	1
VELOCITA' PROVA [mm/min]	0.05
PRESS. IN CELLA [kg/cm²]	4.9
BACK PRESSURE [kg/cm²]	1.87
PRESS. EFF. IN CELLA [kg/cm²]	3.03
ALTEZZA INIZIALE [cm]	7.68
DIAMETRO INIZIALE [cm]	3.87
VAR. ALT. FINE CONSOL. [cm]	0.21
VAR. VOL. FINE CONSOL. [cc]	4.2
PESO SECCO [gr]	135.405
UMIDITA' INIZIALE [%]	18.808
UMIDITA' FINALE [%]	19.740
SFORZO DEVIAT. MAX [kg/cm²]	3.34
DEFORMAZ. A ROTTURA [%]	7.488

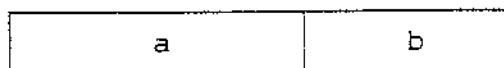


DITTA	COMUNE DI PISTOIA
CANTIERE	GELLO
SONDAGGIO	2
CAMPIONE	1
PROFONDITA'	6.40 - 6.70

TIPO DI CAMPIONE : INDISTURBATO
 TIPO DI CONTENITORE : FUSTELLA CILINDRICA INOX

LUNGHEZZA CAMPIONE : Dichiarata 30.0 (cm) Reale 37.0 (cm)
 DIAMETRO CAMPIONE : 7.8 (cm)

ALTO



BASSO

DESCRIZIONE GEOTECNICA DEL CAMPIONE ED EVENTUALI PROVE DI CONSISTENZA
 CON POCKET PENETROMETER E TORVANE :

- a) Spessore = 22 cm
 PARTE RIMANEGGIATA
- b) Spessore = 15 cm
 argilla debolmente limosa nocciola con numerosi noduli calcarei
 e marnosi
 Pen = 1.2 - 1.7 (kg/cm²) - Tor = (kg/cm²)

PROVE PREVISTE :

strato b) W_n - LL - γ - GR - DS

NOTE :

DITTA	COMUNE DI PISTOIA
CANTIERE	GELLO
SONDAGGIO	2
CAMPIONE	1(b)
PROFONDITA'	6.40 - 6.70

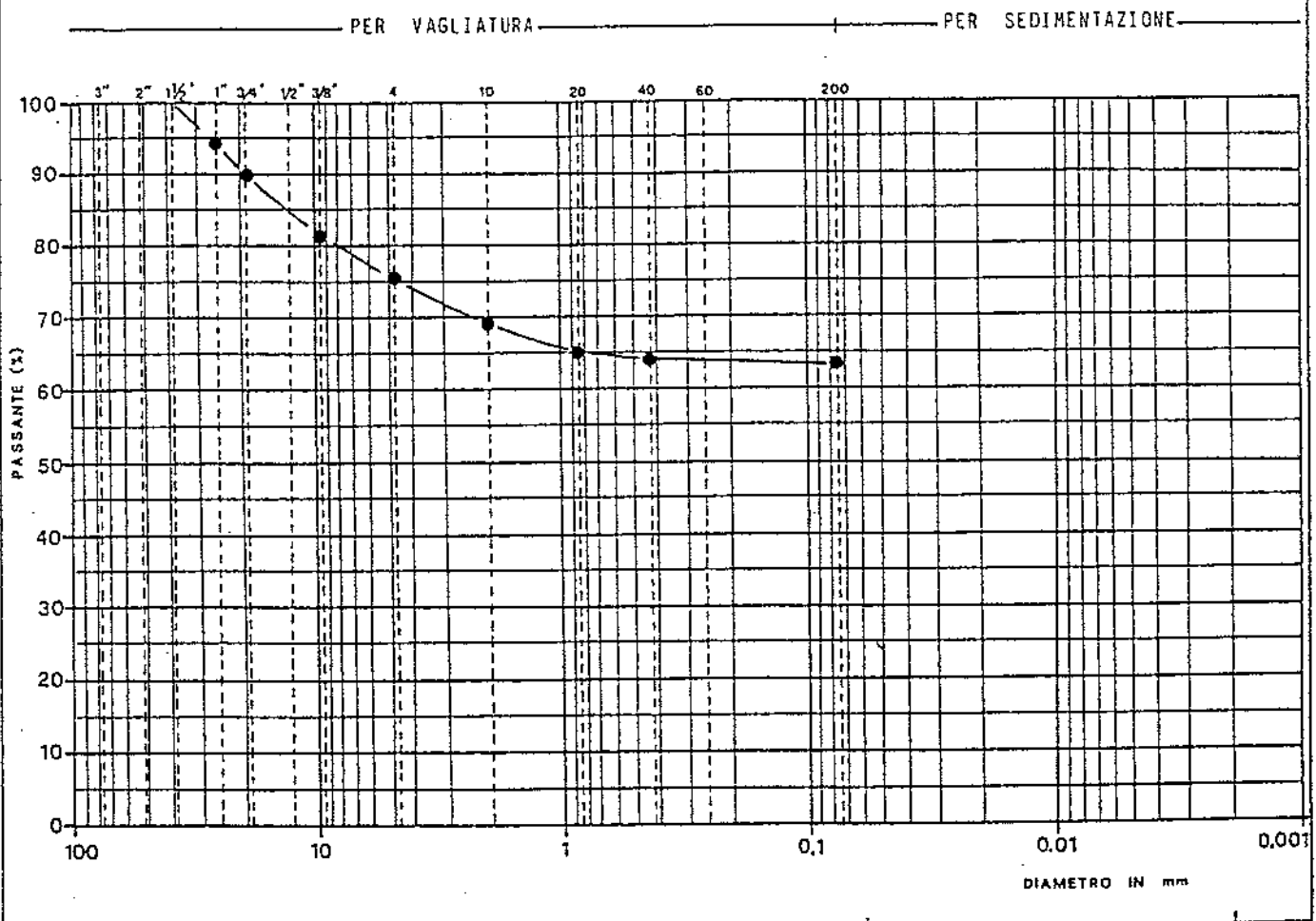
CARATTERISTICHE GENERALI DEL CAMPIONE

TIPO DI PROVA	SIMBOLO	UNITA' DI MISURA	RISULTATI PROVE
CONTENUTO NATURALE D'ACQUA	Wn	%	18
LIMITE DI LIQUIDITA'	WL	%	42
LIMITE DI PLASTICITA'	WP	%	21
INDICE DI PLASTICITA'	IP		21
PESO DELL'UNITA' DI VOLUME		gr/cm ³	
PESO SPECIFICO ASSOLUTO	Gs	gr/cm ³	
RESISTENZA ALLA COMPRESIONE CON ESPANSIONE LATERALE LIBERA	qu	kg/cm ²	
CLASSIFICAZIONE CNR UNI 10006			
DETERMINAZIONE DEI CARBONATI		%	

NOTE :

DITTA COMUNE DI PISTOIA
 CANTIERE GELLO
 SONDAGGIO 2 CAMPIONE 1(b) PROFONDITA' 6.40 - 6.70

CURVA GRANULOMETRICA



CIOTTOLI	G H I A I A	S A B B I A	L I M O	ARGILLA
60	G M F	G M F		0.002
	20 6 2	0.6 0.2 0.06		

ANALISI GRANULOMETRICA: PER VIA SECCA PER VIA UMIDA

SETACCI SERIE ASTH SETACCI SERIE UNI

ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

METODO CON DENSIMETRO METODO CON PIPETTA DI ANDREASEN

DITTA	COMUNE DI PISTOIA
CANTIERE	GELLO
SONDAGGIO	2
CAMPIONE	1(b)
PROFONDITA'	6.40 - 6.70

CARATTERISTICHE GENERALI DEL CAMPIONE

TIPO DI PROVA	SIMBOLO	UNITA' DI MISURA	RISULTATI PROVE
CONTENUTO NATURALE D'ACQUA	Wn	%	21
LIMITE DI LIQUIDITA'	WL	%	
LIMITE DI PLASTICITA'	WP	%	
INDICE DI PLASTICITA'	IP		
PESO DELL'UNITA' DI VOLUME		gr/cm ³	2.01
PESO SPECIFICO ASSOLUTO	Gs	gr/cm ³	
RESISTENZA ALLA COMPRESIONE CON ESPANSIONE LATERALE LIBERA	qu	kg/cm ²	
CLASSIFICAZIONE CNR UNI 10006			
DETERMINAZIONE DEI CARBONATI		%	

NOTE :
 PROVE CONDOTTE SU PROVINO IMBIBITO PER 5 GG

DITTA..... COMUNE DI PISTOIA

CANTIERE..... GELLO

SONDAGGIO..... 2 CAMPIONE..... 1(b) PROFONDITA'..... 6.40 - 6.70

σ	τ	Sr	H	ϕ	w_F
1.41	0.98	2.39	20.9	60	19.9
2.48	1.66	2.28	20.9	60	17.0
3.54	1.97	4.15	20.4	60	18.1

TIPO DI PROVA :

- Taglio diretto consolidato e drenato
- Taglio diretto non consolidato non drenato
- Taglio diretto consolidato e drenato con misura della resistenza massima e residua
- Prova triassiale consolidata e drenata (CD)
- Prova triassiale non consolidata non drenata (UU)
- Prova triassiale consolidata e non drenata con misura della pressione nei pori (CU)

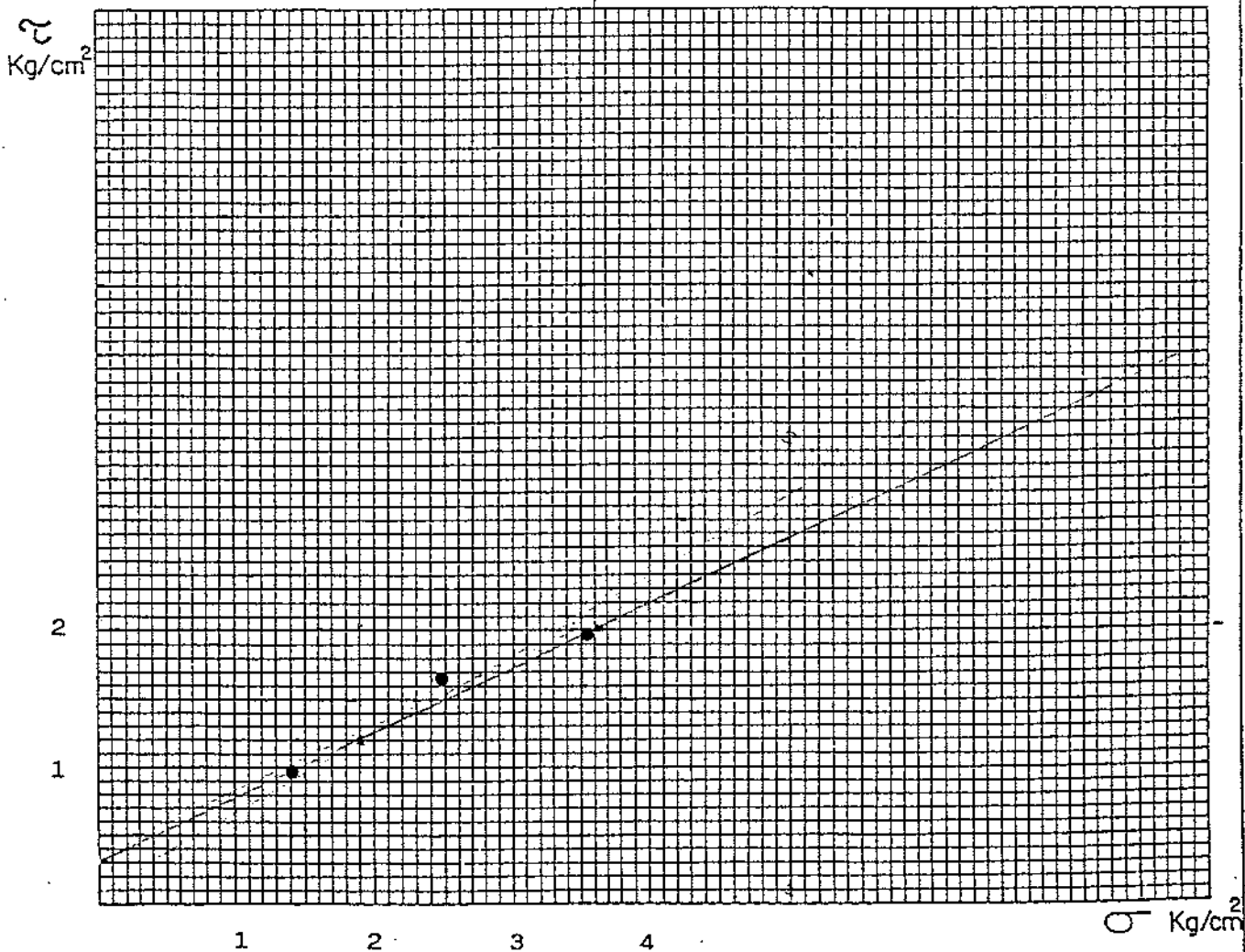
Velocità di prova = 0.024 mm/min

$\varphi =$

C =..... Kg/cm²

$\varphi_r =$

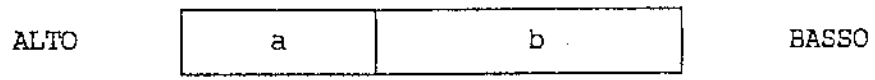
C_r =..... Kg/cm²



DITTA	COMUNE DI PISTOIA
CANTIERE	GELLO
SONDAGGIO	3
CAMPIONE	2
PROFONDITA'	8.60 - 8.90

TIPO DI CAMPIONE : INDISTURBATO
 TIPO DI CONTENITORE : FUSTELLA CILINDRICA INOX

LUNGHEZZA CAMPIONE : Dichiarata 30.0 (cm) Reale 40.0 (cm)
 DIAMETRO CAMPIONE : 7.8 (cm)



DESCRIZIONE GEOTECNICA DEL CAMPIONE ED EVENTUALI PROVE DI CONSISTENZA
 CON POCKET PENETROMETER E TORVANE :

- a) Spessore = 15 cm
 PARTE RIMANEGGIATA
- b) Spessore = 25 cm
 argilla debolmente limosa marron-nocciola con striature grigie
 presenza di numerosi noduli calcarei e marnosi
 Pen = 1.4 - 1.7 (kg/cm²) - Tor = (kg/cm²)

PROVE PREVISTE :

strato b) Wn - LL - γ - Tx CIU

NOTE :

DITTA	COMUNE DI PISTOIA
CANTIERE	GELLO
SONDAGGIO	3
CAMPIONE	2(b)
PROFONDITA'	8.60 - 8.90

CARATTERISTICHE GENERALI DEL CAMPIONE

TIPO DI PROVA	SIMBOLO	UNITA' DI MISURA	RISULTATI PROVE
CONTENUTO NATURALE D'ACQUA	Wn	%	21
LIMITE DI LIQUIDITA'	WL	%	45
LIMITE DI PLASTICITA'	WP	%	22
INDICE DI PLASTICITA'	IP		23
PESO DELL'UNITA' DI VOLUME		gr/cm ³	2.02
PESO SPECIFICO ASSOLUTO	Gs	gr/cm ³	
RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE CON ESPANSIONE LATERALE LIBERA	qu	kg/cm ²	
CLASSIFICAZIONE CNR UNI 10006			
DETERMINAZIONE DEI CARBONATI		%	

NOTE :

DITTA COMUNE DI PISTOIA

CANTIERE GELLO

SONDAGGIO 3 CAMPIONE 2(b) PROFONDITA' 8.60 - 8.90

σ_c	b.p.	σ_3	σ_1	u	σ_3'	σ_1'	ϵ_R	w_I	w_F
3.9	2.36	1.53	3.16	0.68	0.85	2.48	4.0	19.7	20.1
4.9	1.95	2.95	5.53	1.04	1.91	4.49	5.8	22.6	22.5
6.4	1.91	4.49	7.49	1.49	3.00	6.00	9.1	23.1	20.9
PROVINI SATURATI IN CONTROPRESSIONE									

TIPO DI PROVA :

- Taglio diretto consolidato e drenato
- Taglio diretto non consolidato non drenato
- Taglio diretto consolidato e drenato con misura della resistenza massima e residua
- Prova triassiale consolidata e drenata (CD)
- Prova triassiale non consolidata non drenata (UU)
- Prova triassiale consolidata e non drenata con misura della pressione nei pori (CU)

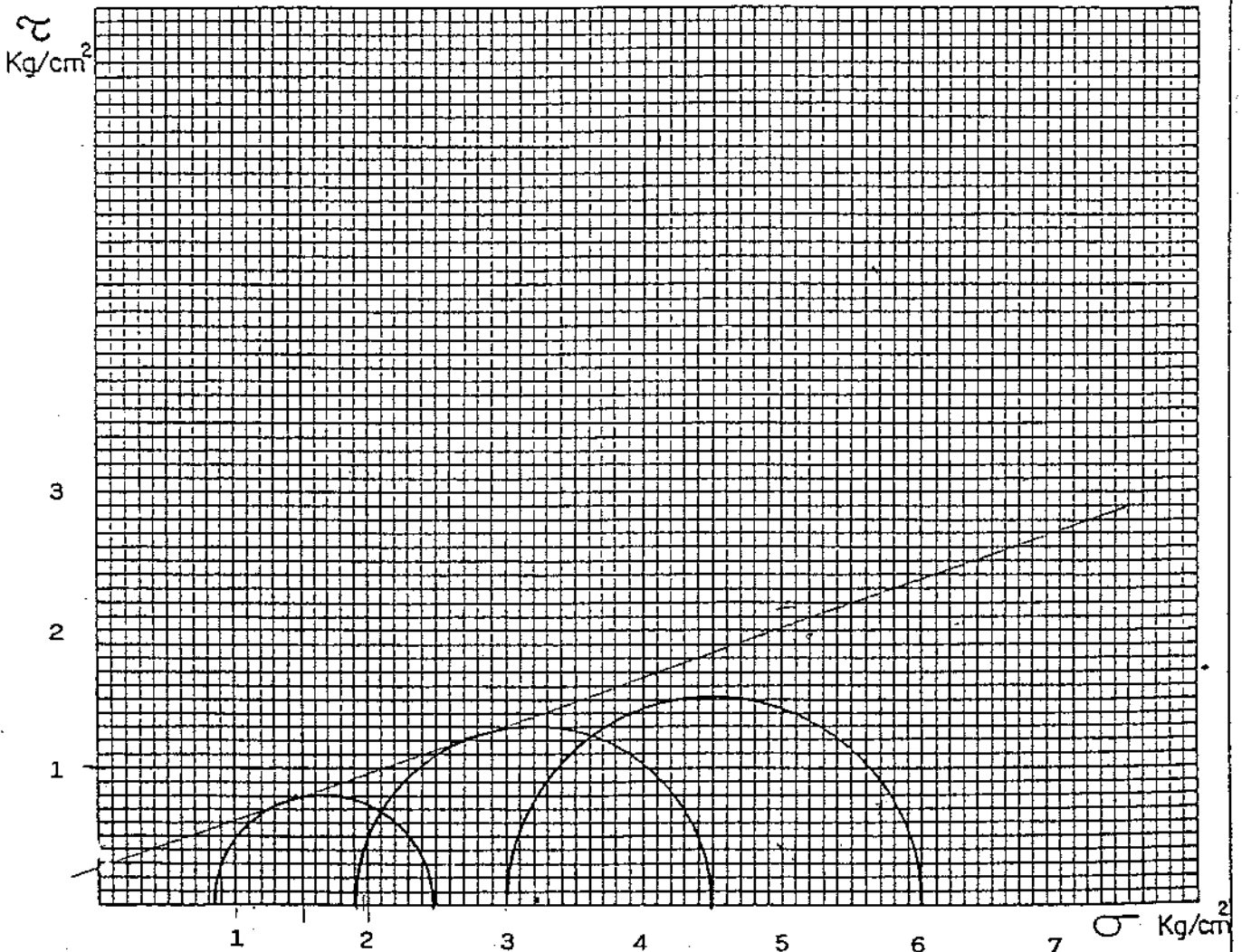
Velocità di prova = 0.05 mm/min

$\varphi = \dots\dots\dots$

$C = \dots\dots\dots \text{ Kg/cm}^2$

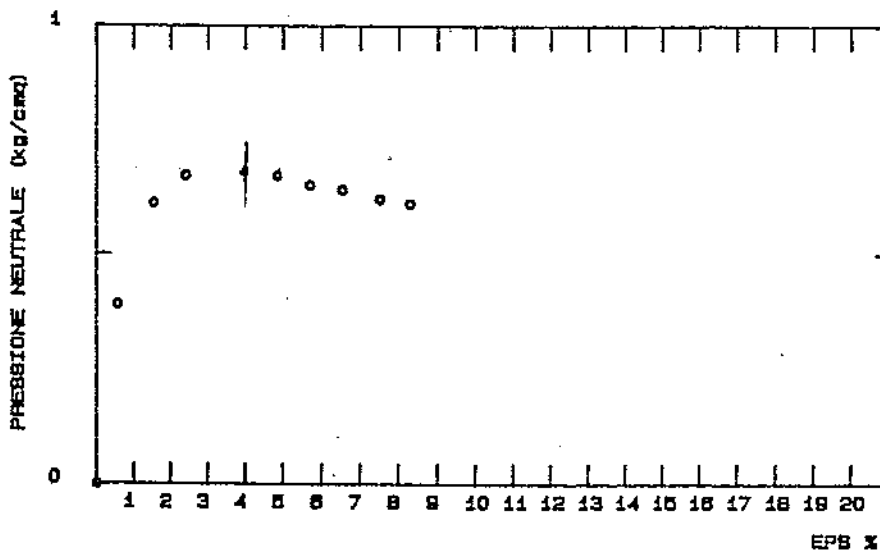
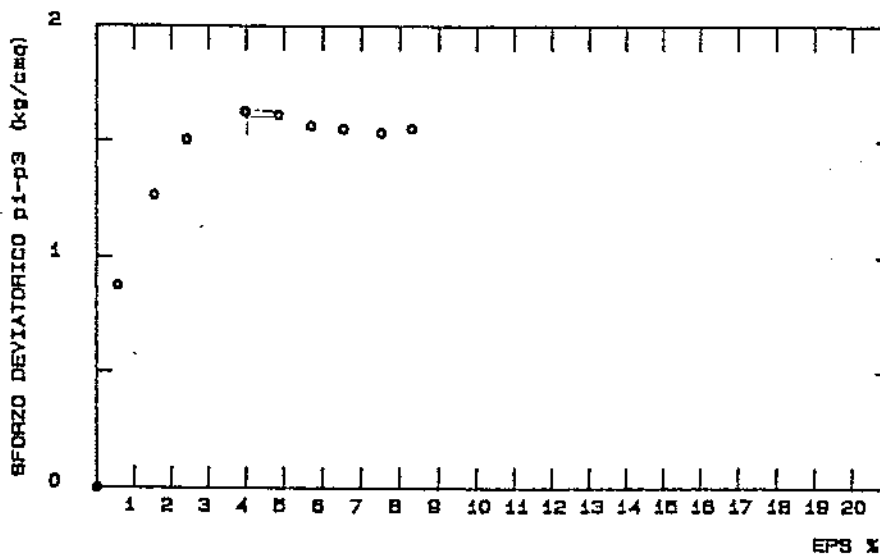
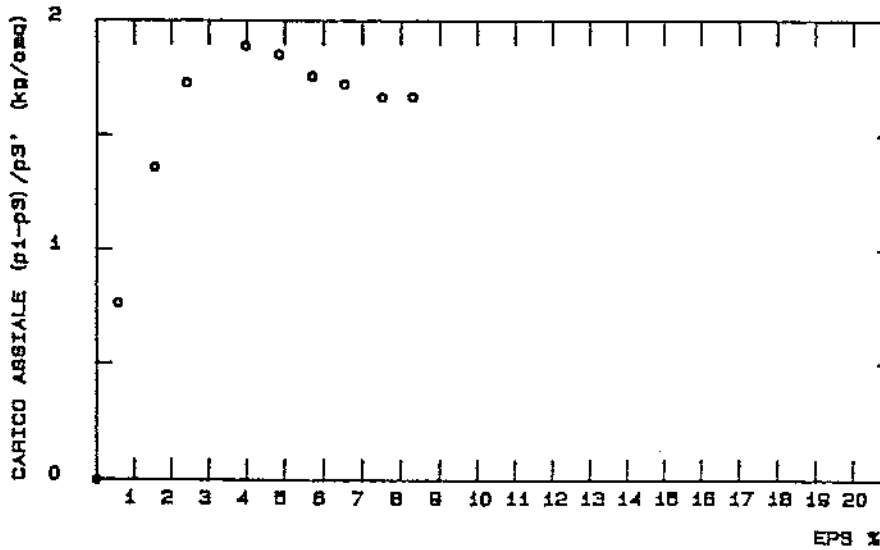
$\varphi_r = \dots\dots\dots$

$C_r = \dots\dots\dots \text{ Kg/cm}^2$



COMMITTENTE : COMUNE DI PISTOIA
 CANTIERE : GELLO
 SONDAGGIO : 3
 CAMPIONE : 2
 PROFONDITA' [m] : 8.60 - 8.90

PROVA TRIASSIALE CONSOLIDATA ISOTROPICAMENTE NON DRENATA (Tx CIU)



PROVINO NUMERO	1
VELOCITA' PROVA [mm/min]	0.05
PRESS. IN CELLA [kg/cm²]	3.9
BACK PRESSURE [kg/cm²]	2.38
PRESS. EFF. IN CELLA [kg/cm²]	1.54
ALTEZZA INIZIALE [cm]	7.87
DIAMETRO INIZIALE [cm]	3.71
VAR. ALT. FINE CONSOL. [cm]	0.12
VAR. VOL. FINE CONSOL. [cc]	5.6
PESO SECCO [gr]	141.51
UMIDITA' INIZIALE [%]	18.733
UMIDITA' FINALE [%]	20.069
SFORZO DEVIAT. MAX [kg/cm²]	1.52
DEFORMAZ. A ROTTURA [%]	3.980

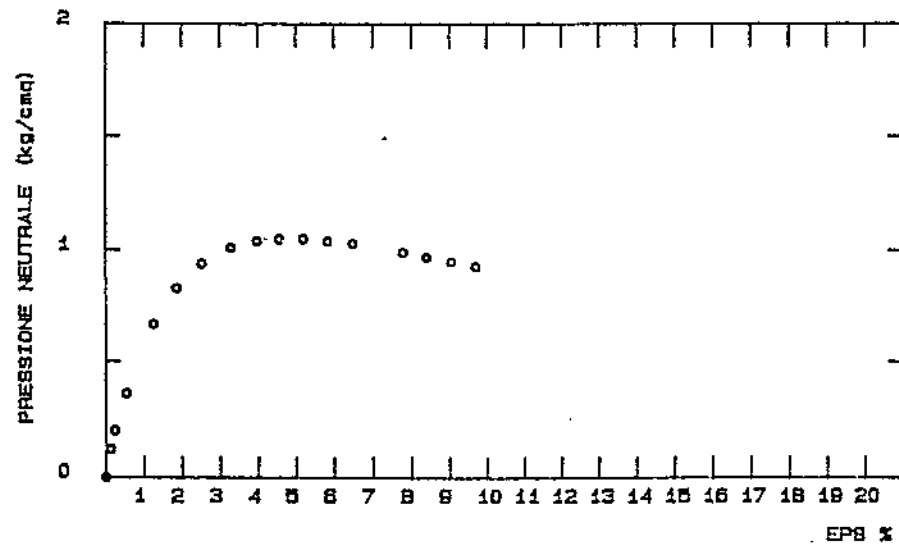
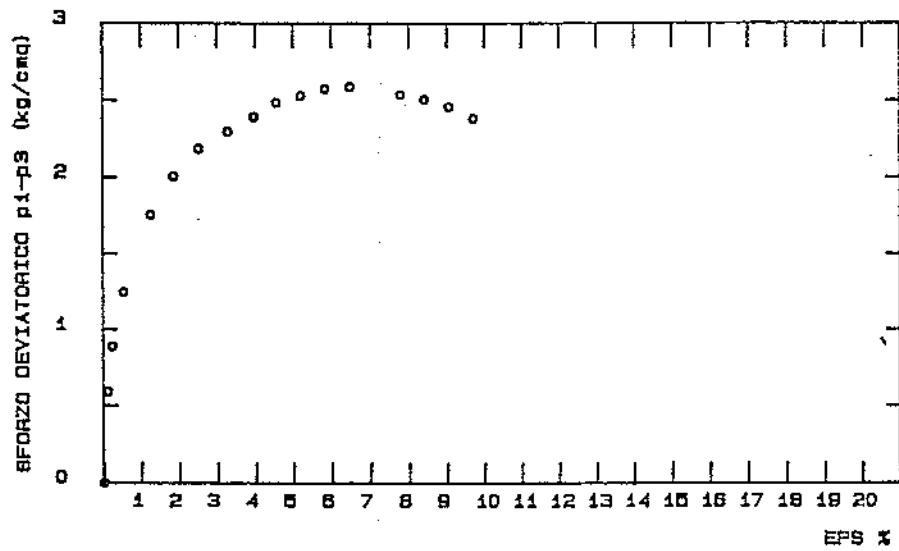
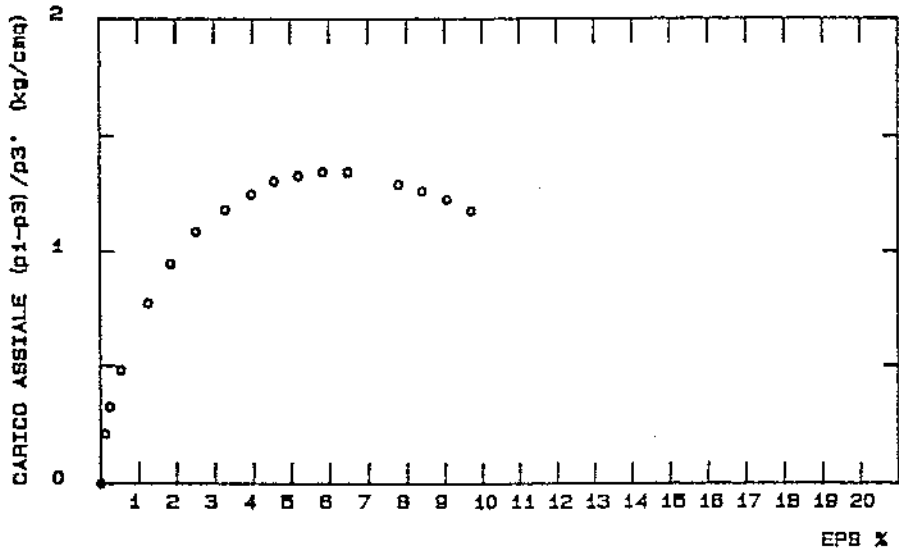
SCHIZZO A ROTTURA

ITALGEO SRL

PADOVA

COMMITTENTE : COMUNE DI PISTOIA
 CANTIERE : GELLO
 SONDAGGIO : 3
 CAMPIONE : 2
 PROFONDITA' [m] : 8.60 - 8.90

PROVA TRIASSIALE CONSOLIDATA ISOTROPICAMENTE NON DRENATA (Tx CIU)



PROVIND NUMERO	2
VELOCITA' PROVA [cm/min]	0.05
PRESS. IN CELLA [kg/cm²]	4.9
BACK PRESSURE [kg/cm²]	1.85
PRESS. EFF. IN CELLA [kg/cm²]	2.85
ALTEZZA INIZIALE [cm]	7.74
DIAMETRO INIZIALE [cm]	3.72
VAR. ALT. FINE CONSOL. [cm]	0.224
VAR. VOL. FINE CONSOL. [cc]	5.
PESO SECCO [gr]	137.85
UMIDITA' INIZIALE [%]	22.598
UMIDITA' FINALE [%]	22.493
SFORZO DEVIAT. MAX [kg/cm²]	2.57
DEFORMAZ. A ROTTURA [%]	5.821

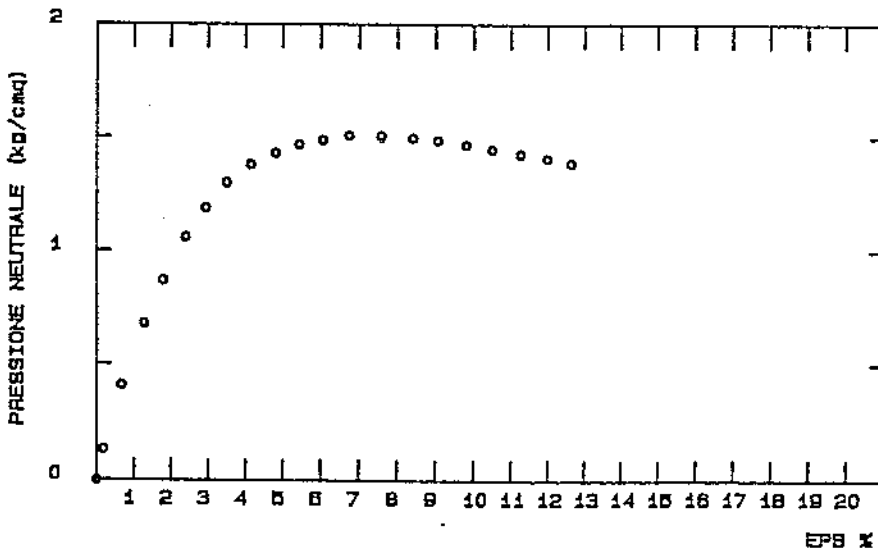
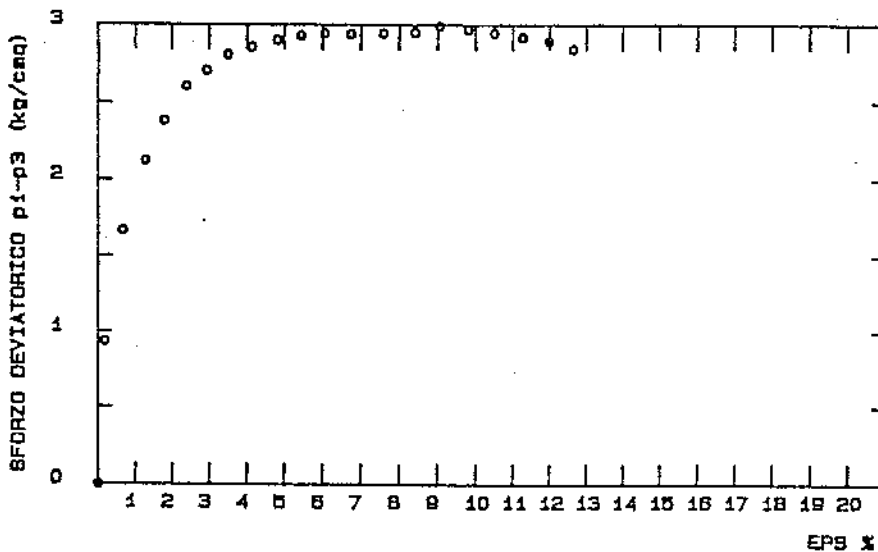
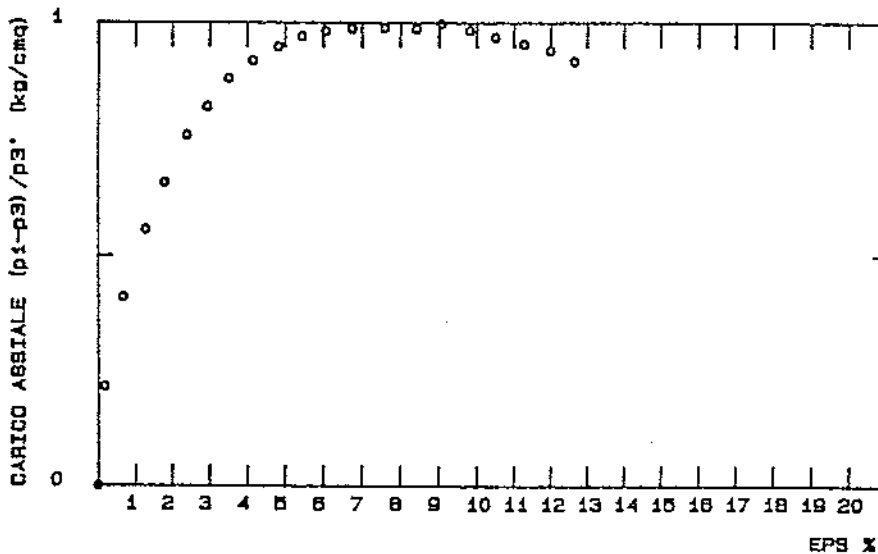
SCHIZZO A ROTTURA

ITALGEO SRL

PADOVA

COMMITTENTE : COMUNE DI PISTOIA
 CANTIERE : GELLO
 SONDAGGIO : 3
 CAMPIONE : 2
 PROFONDITA' [m] : 8.60 - 8.90

PROVA TRIASSIALE CONSOLIDATA ISOTROPICAMENTE NON DRENATA (TX CIU)



PROVINO NUMERO	3
VELOCITA' PROVA [mm/min]	0.05
PRESS. IN CELLA [kg/cm²]	6.4
BACK PRESSURE [kg/cm²]	1.81
PRESS. EFF. IN CELLA [kg/cm²]	4.49
ALTEZZA INIZIALE [cm]	7.11
DIAMETRO INIZIALE [cm]	3.53
VAR. ALT. FINE CONSOL. [cm]	0.348
VAR. VOL. FINE CONSOL. [cc]	5.8
PESO BECCO [gr]	120.898
UMIDITA' INIZIALE [%]	23.073
UMIDITA' FINALE [%]	20.887
SFORZO DEVIAT. MAX [kg/cm²]	2.88
DEFORMAZ. A ROTTURA [%]	8.050

SCHIZZO A ROTTURA



ITALGEO

SRL

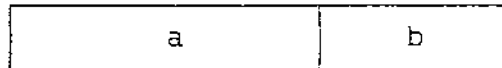
PADOVA

DITTA	COMUNE DI PISTOIA
CANTIERE	GELLO
SONDAGGIO	3
CAMPIONE	3
PROFONDITA'	12.40 - 12.70

TIPO DI CAMPIONE : INDISTURBATO
 TIPO DI CONTENITORE : FUSTELLA CILINDRICA INOX

LUNGHEZZA CAMPIONE : Dichiarata 30.0 (cm) Reale 38.0 (cm)
 DIAMETRO CAMPIONE : 7.8 (cm)

ALTO



BASSO

DESCRIZIONE GEOTECNICA DEL CAMPIONE ED EVENTUALI PROVE DI CONSISTENZA
 CON POCKET PENETROMETER E TORVANE :

- a) Spessore = 23 cm
 PARTE RIMANEGGIATA
- b) Spessore = 15 cm
 argilla debolmente limosa nocciola con numerosi noduli calcarei
 e marnosi
 Pen = 1.6 - 1.8 (kg/cm²) - Tor = (kg/cm²)

PROVE PREVISTE :

strato b) Wn - LL - γ - GR - DS

NOTE :

DITTA	COMUNE DI PISTOIA
CANTIERE	GELLO
SONDAGGIO	3
CAMPIONE	3(b)
PROFONDITA'	12.40 - 12.70

CARATTERISTICHE GENERALI DEL CAMPIONE

TIPO DI PROVA	SIMBOLO	UNITA' DI MISURA	RISULTATI PROVE
CONTENUTO NATURALE D'ACQUA	W _n	%	20
LIMITE DI LIQUIDITA'	W _L	%	52
LIMITE DI PLASTICITA'	W _P	%	21
INDICE DI PLASTICITA'	IP		31
PESO DELL'UNITA' DI VOLUME		gr/cm ³	
PESO SPECIFICO ASSOLUTO	G _s	gr/cm ³	
RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE CON ESPANSIONE LATERALE LIBERA	q _u	kg/cm ²	
CLASSIFICAZIONE CNR UNI 10006			
DETERMINAZIONE DEI CARBONATI		%	

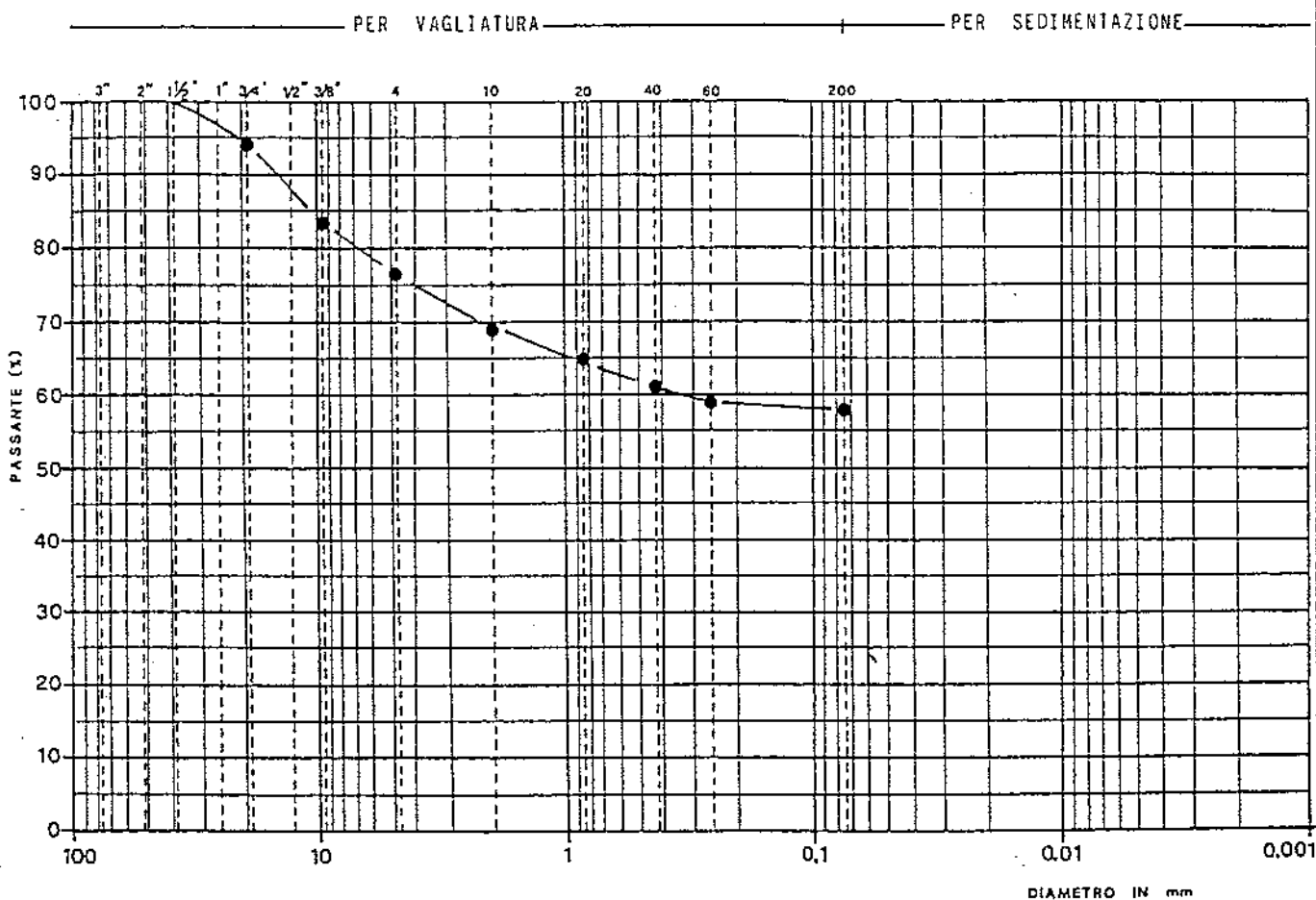
NOTE :

DITTA COMUNE DI PISTOIA

CANTIERE GELLO

SONDAGGIO 3 CAMPIONE 3(b) PROFONDITA' 12.40 - 12.70

CURVA GRANULOMETRICA



CIOTTOLI	G H I A I A			S A B B I A			L I M O		ARGILLA
	G	M	F	G	M	F			
	60	20	5	2	0.6	0.2	0.08		0.002

ANALISI GRANULOMETRICA: PER VIA SECCA PER VIA UMIDA

SETACCI SERIE ASTM SETACCI SERIE UNI

ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

METODO CON DENSIMETRO METODO CON PIPETTA DI ANDREASEN

DITTA	COMUNE DI PISTOIA
CANTIERE	GELLO
SONDAGGIO	3
CAMPIONE	3(b)
PROFONDITA'	12.40 - 12.70

CARATTERISTICHE GENERALI DEL CAMPIONE

TIPO DI PROVA	SIMBOLO	UNITA' DI MISURA	RISULTATI PROVE
CONTENUTO NATURALE D'ACQUA	Wn	%	24
LIMITE DI LIQUIDITA'	WL	%	
LIMITE DI PLASTICITA'	WP	%	
INDICE DI PLASTICITA'	IP		
PESO DELL'UNITA' DI VOLUME		gr/cm ³	2.03
PESO SPECIFICO ASSOLUTO	Gs	gr/cm ³	
RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE CON ESPANSIONE LATERALE LIBERA	qu	kg/cm ²	
CLASSIFICAZIONE CNR UNI 10006			
DETERMINAZIONE DEI CARBONATI		%	

NOTE :

PROVE CONDOTTE SU PROVINO IMBIBITO PER 5 GG

ITALGEO SRL

RESISTENZA AL TAGLIO

DITTA COMUNE DI PISTOIA
 CANTIERE GELLO
 SONDAGGIO 3 CAMPIONE 3(b) PROFONDITA' 12.40 - 12.70

σ	τ	Sr	H	ϕ	WF
1.41	0.88	4.98	20.5	60	21.5
2.48	1.50	4.28	20.9	60	19.4

TIPO DI PROVA :

- Taglio diretto consolidato e drenato
 Taglio diretto non consolidato non drenato
 Taglio diretto consolidato e drenato con misura della resistenza massima e residua
 Prova triassiale consolidata e drenata (CD)
 Prova triassiale non consolidata non drenata (UU)
 Prova triassiale consolidata e non drenata con misura della pressione nei pori (CU)

Velocità di prova = 0.024 mm/min

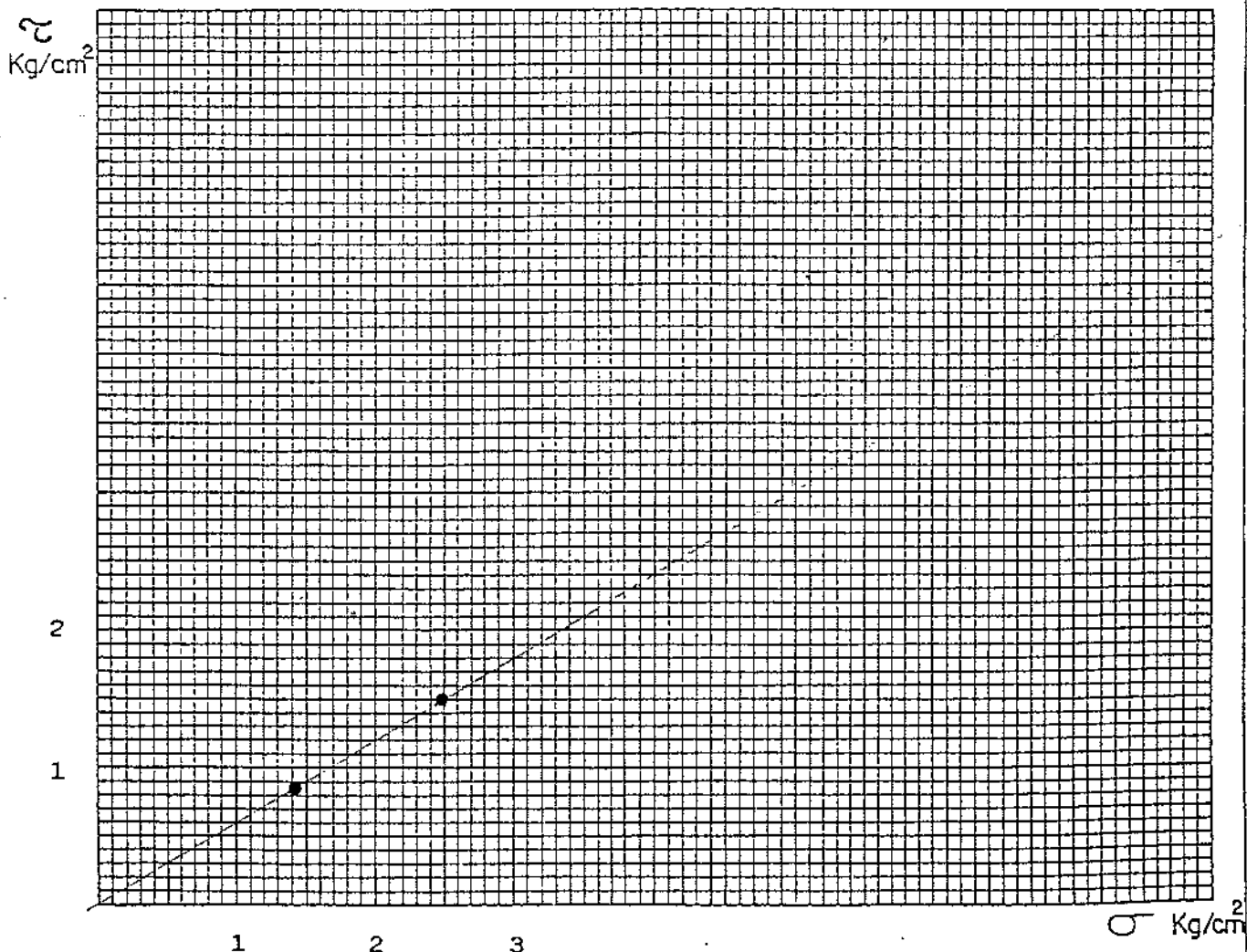
LA PROVA E' STATA CONDOTTA SU MATERIALE IMBIBITO PER 5 GG

$$\varphi = \dots\dots\dots$$

$$C = \dots\dots\dots \text{ Kg/cm}^2$$

$$\varphi_r = \dots\dots\dots$$

$$C_r = \dots\dots\dots \text{ Kg/cm}^2$$



DITTA	COMUNE DI PISTOIA
CANTIERE	GELLO
SONDAGGIO	4
CAMPIONE	1R
PROFONDITA'	1.5Ø - 1.7Ø

TIPO DI CAMPIONE : RIMANEGGIATO
TIPO DI CONTENITORE : SACCHETTO

SCHEMA DEL CAMPIONE

ALTO



BASSO

DESCRIZIONE GEOTECNICA DEL CAMPIONE ED EVENTUALI PROVE DI CONSISTENZA
CON POCKET PENETROMETER E TORVANE :

argilla debolmente limosa grigio-noce con numerosi noduli
calcarei anche di grosse dimensioni e noduli marnosi

PROVE PREVISTE :

Wn - LL

NOTE :

DITTA	COMUNE DI PISTOIA
CANTIERE	GELLO
SONDAGGIO	4
CAMPIONE	1R
PROFONDITA'	1.50 - 1.70

CARATTERISTICHE GENERALI DEL CAMPIONE

TIPO DI PROVA	SIMBOLO	UNITA' DI MISURA	RISULTATI PROVE
CONTENUTO NATURALE D'ACQUA	Wn	%	17
LIMITE DI LIQUIDITA'	WL	%	42
LIMITE DI PLASTICITA'	WP	%	20
INDICE DI PLASTICITA'	IP		22
PESO DELL'UNITA' DI VOLUME		gr/cm ³	
PESO SPECIFICO ASSOLUTO	Gs	gr/cm ³	
RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE CON ESPANSIONE LATERALE LIBERA	qu	kg/cm ²	
CLASSIFICAZIONE CNR UNI 10006			
DETERMINAZIONE DEI CARBONATI		%	

NOTE :

DITTA	COMUNE DI PISTOIA
CANTIERE	GELLO
SONDAGGIO	4
CAMPIONE	1
PROFONDITA'	3.30 - 3.60

TIPO DI CAMPIONE : INDISTURBATO
 TIPO DI CONTENITORE : FUSTELLA CILINDRICA INOX

LUNGHEZZA CAMPIONE : Dichiarata 30.0 (cm) Reale 40.0 (cm)
 DIAMETRO CAMPIONE : 7.8 (cm)

ALTO



BASSO

DESCRIZIONE GEOTECNICA DEL CAMPIONE ED EVENTUALI PROVE DI CONSISTENZA
 CON POCKET PENETROMETER E TORVANE :

- a) Spessore = 20 cm
 PARTE RIMANEGGIATA
- b) Spessore = 20 cm
 argilla debolmente limosa nocciola con noduli calcarei e marnosi
 Pen = 1.0 - 1.2 (kg/cm²) - Tor = 0.49 (kg/cm²)

PROVE PREVISTE :

strato b) Wn - LL - Y - GS - IL - Tx UU

NOTE :

DITTA	COMUNE DI PISTOIA
CANTIERE	GELLO
SONDAGGIO	4
CAMPIONE	1(b)
PROFONDITA'	3.30 - 3.60

CARATTERISTICHE GENERALI DEL CAMPIONE

TIPO DI PROVA	SIMBOLO	UNITA' DI MISURA	RISULTATI PROVE
CONTENUTO NATURALE D'ACQUA	Wn	%	23
LIMITE DI LIQUIDITA'	WL	%	49
LIMITE DI PLASTICITA'	WP	%	22
INDICE DI PLASTICITA'	IP		27
PESO DELL'UNITA' DI VOLUME		gr/cm ³	1.98
PESO SPECIFICO ASSOLUTO	Gs	gr/cm ³	2.71
RESISTENZA ALLA COMPRESIONE CON ESPANSIONE LATERALE LIBERA	qu	kg/cm ²	
CLASSIFICAZIONE CNR UNI 10006			
DETERMINAZIONE DEI CARBONATI		%	

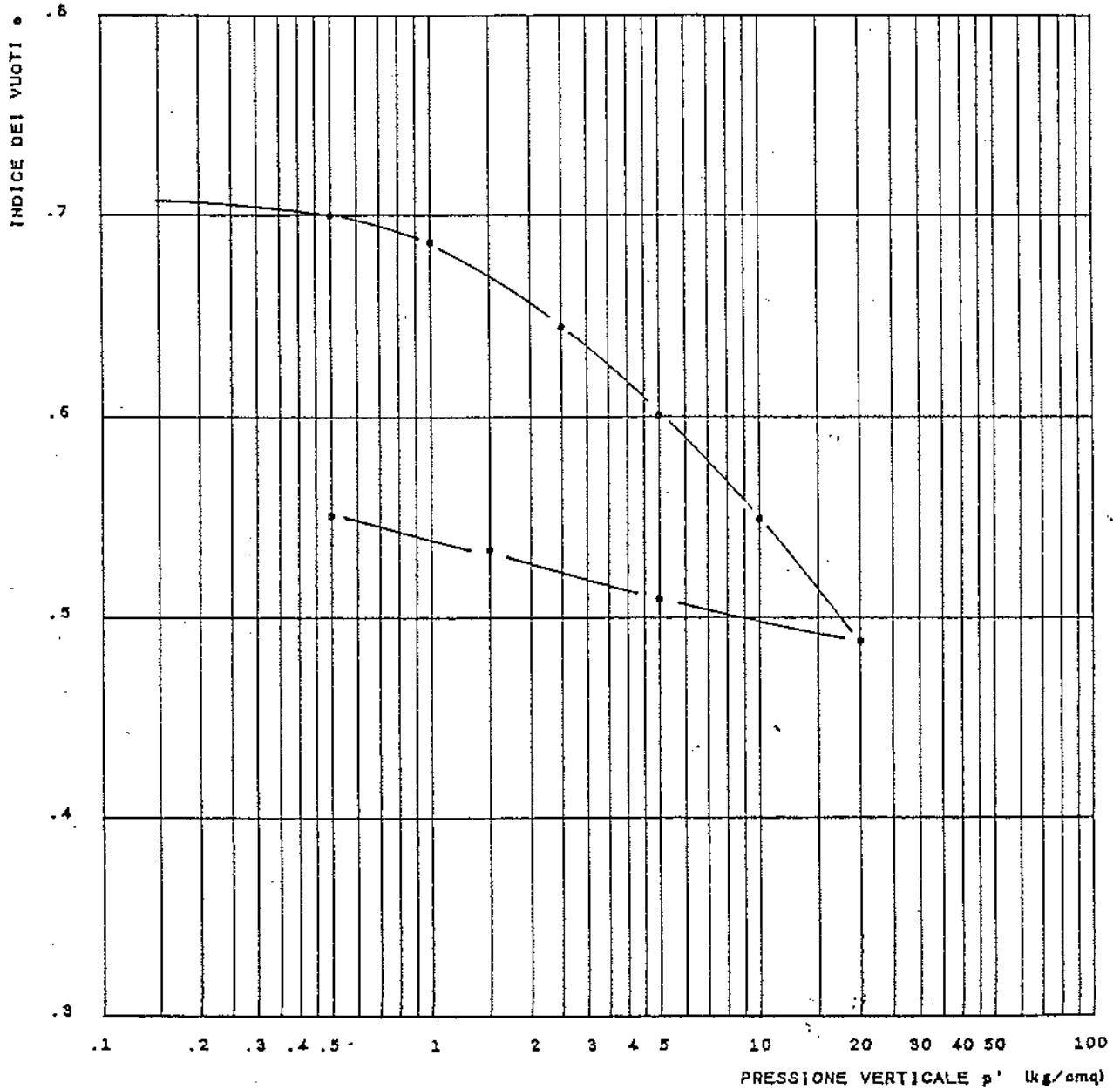
NOTE :

DITTA : COMUNE DI PISTOIA

CANTIERE : GELLO

SONDAGGIO : 4 CAMPIONE : 1(b) PROFONDITA' : 3.30 - 3.60

DIAGRAMMA DI COMPRESSIBILITA' EDOMETRICA



Apparecchio N. : 6
 Durata prova (gg) : 14
 Diametro provino (cm) : 7.15
 Altezza iniziale provino (cm) : 2
 Altezza finale provino (cm) : 1.811
 Contenuto in acqua iniziale (w) : 25.4
 Contenuto in acqua finale (w) : 20.8
 Indice di compressione C_c : .2

PRESSIONE (kg/cm²)	INDICE DEI VUOTI
0	.713
.5	.7
1	.686
2.5	.644
5	.601
10	.549
20	.488
5	.509
1.5	.534
.5	.551

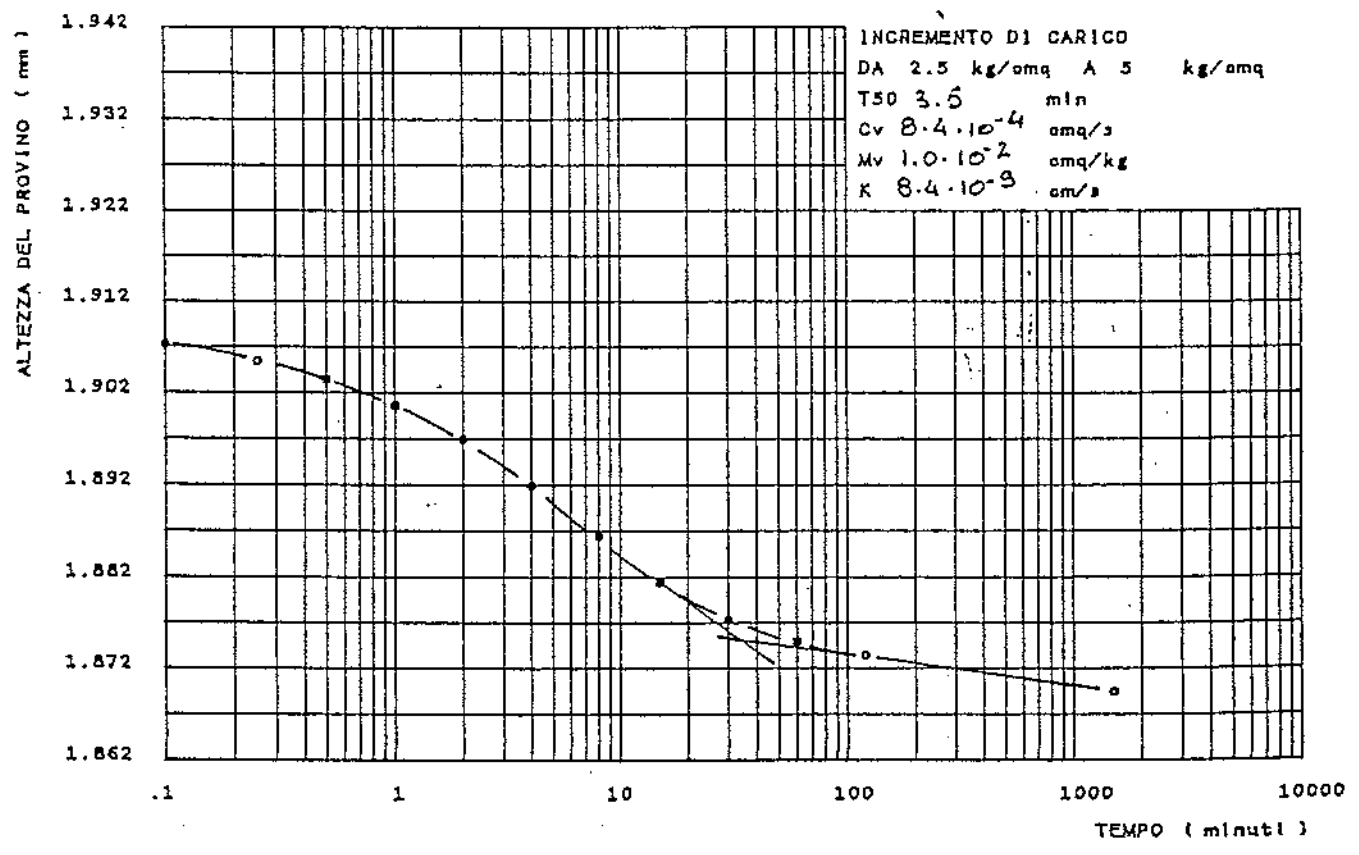
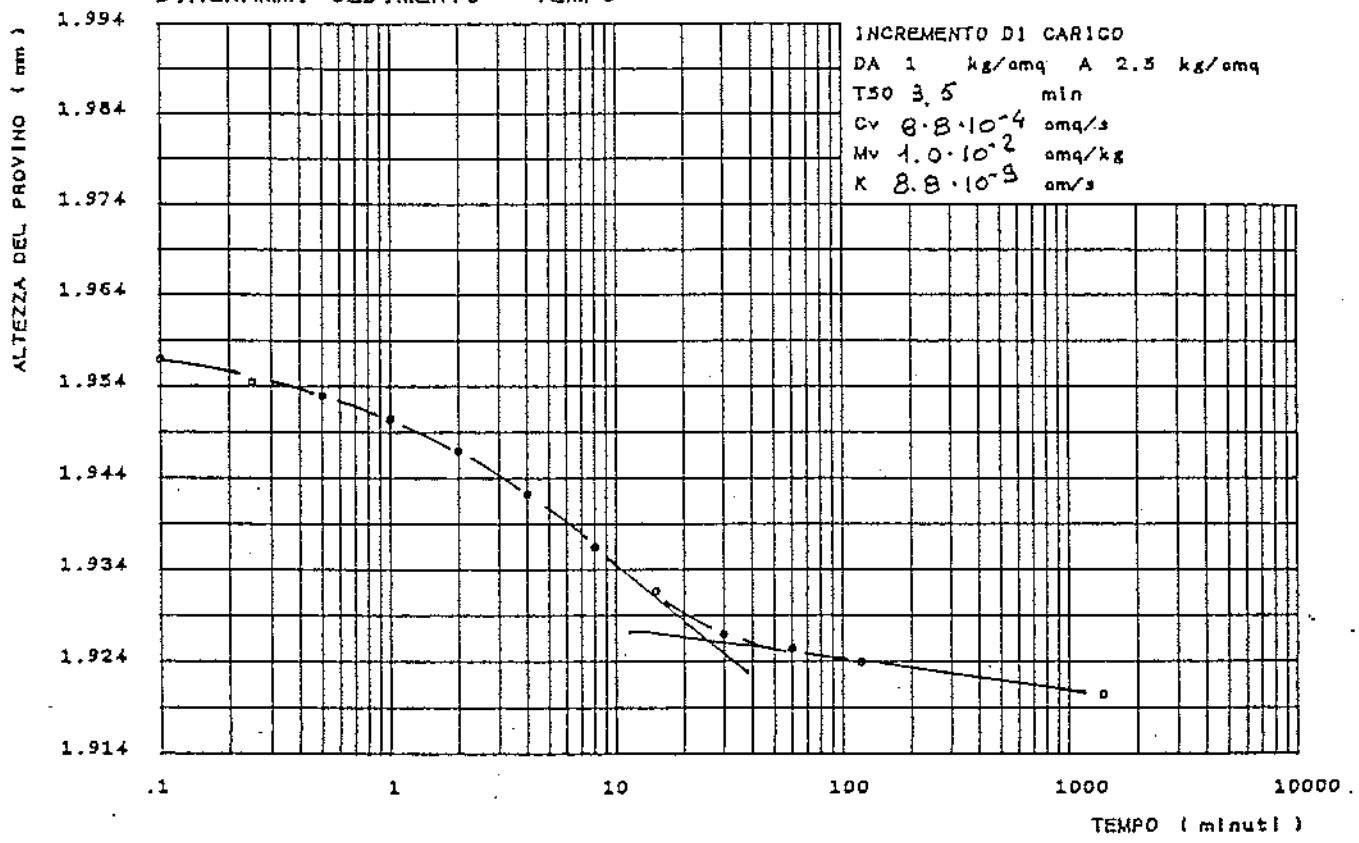


DITTA : COMUNE DI PISTOIA

CANTIERE : GELLO

SONDAGGIO : 4 CAMPIONE : 1 (b) PROFONDITA' : 3.30 - 3.60

DIAGRAMMI CEDIMENTO - TEMPO



DITTA..... COMUNE DI PISTOIA.....

CANTIERE..... GELLO.....

SONDAGGIO..... 4..... CAMPIONE..... 1(b)..... PROFONDITA'..... 3.30 - 3.60.....

σ_c	b.p.	σ_3	σ_1	u	σ_3'	σ_1'	ϵ_R	w_I	w_F
2.4	0.9	1.5	2.08				10.9	25.7	26.6
PROVINO SATURATO IN CONTROPRESSIONE									

TIPO DI PROVA :

- Taglio diretto consolidato e drenato
- Taglio diretto non consolidato non drenato
- Taglio diretto consolidato e drenato con misura della resistenza massima e residua
- Prova triassiale consolidata e drenata (CD)
- Prova triassiale non consolidata non drenata (UU)
- Prova triassiale consolidata e non drenata con misura della pressione nei pori (CU)

Velocità di prova = 0.7 mm/min

$\varphi =$

$C =$ Kg/cm²

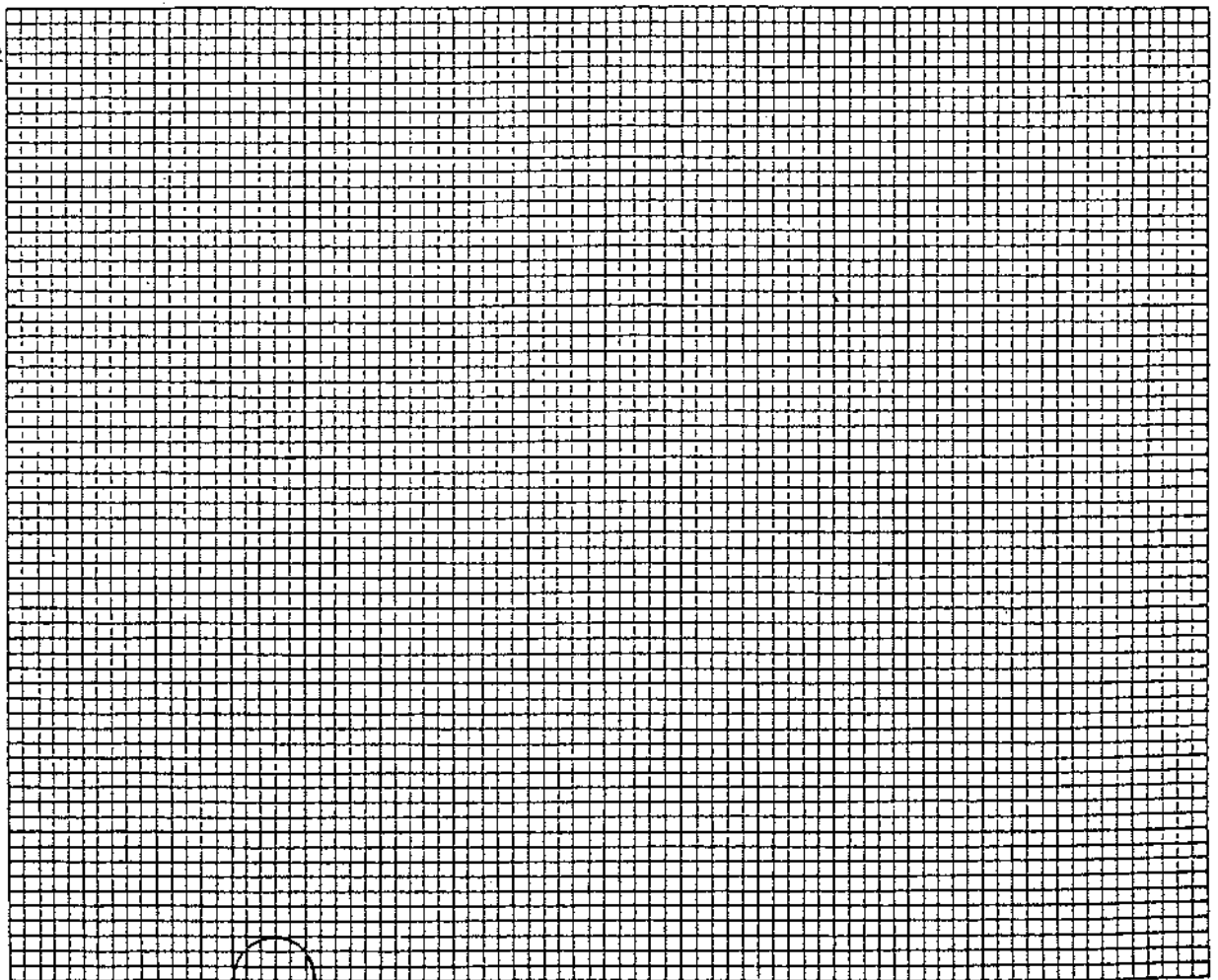
$\varphi_r =$

$C_r =$ Kg/cm²

τ
Kg/cm²

2

1



1

2

3

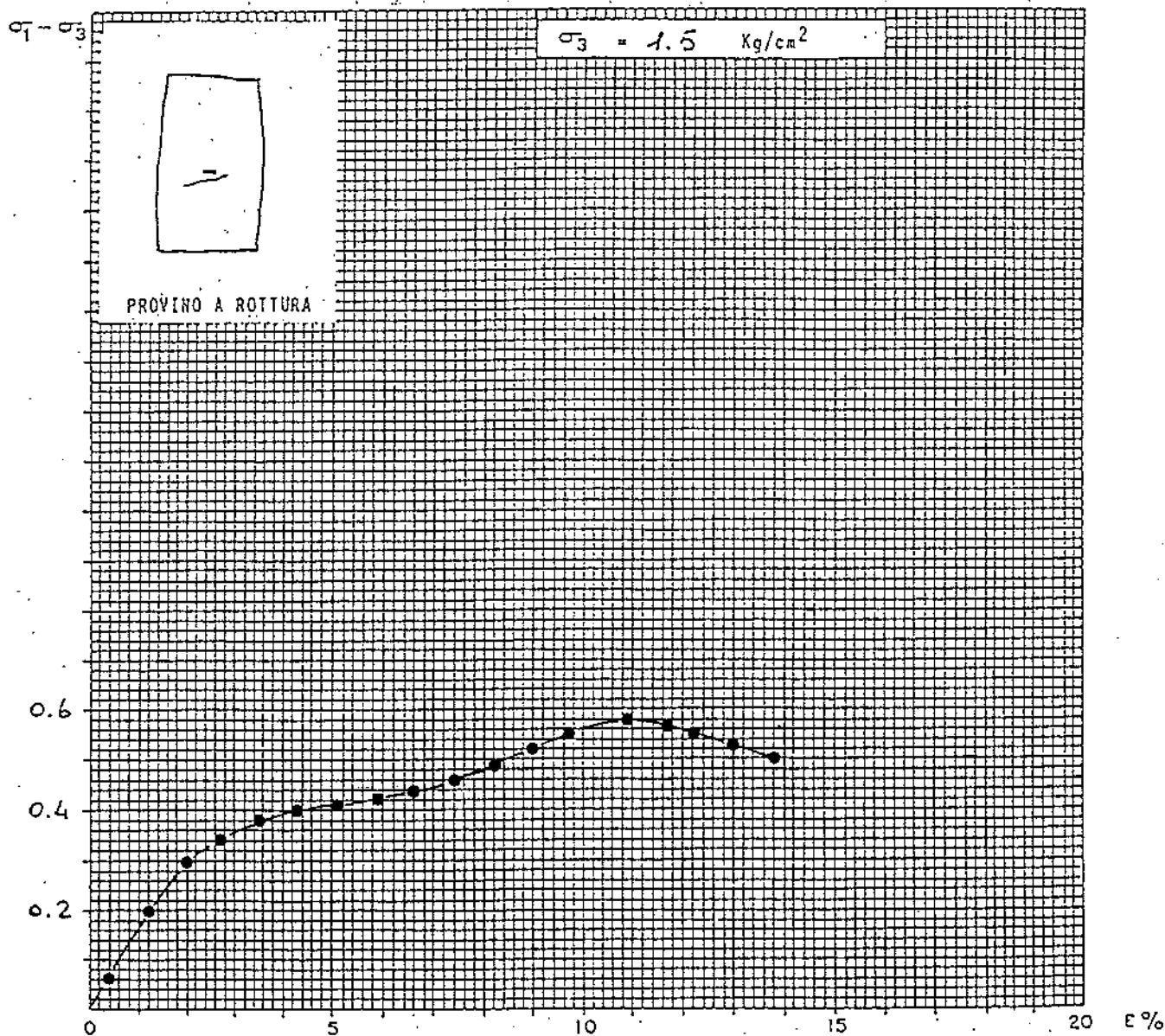
σ Kg/cm²

DITTA COMUNE DI PISTOIA

CANTIERE GELLO

SONDAGGIO 4 CAMPIONE 1(b) PROFONDITA' 3.30 - 3.60

DIAGRAMMA SFORZI - DEFORMAZIONI



TIPO DI PROVA:

Triassiale non consolidata
non drenata (U.U.)Consolidata e non drenata
con misura della pressioneConsolidata e drenata
nei pori (C.U.)

DIMENSIONI DEL PROVINO:

altezza (h) = 7.70 cm

diametro medio (D) = 3.73 cm

DITTA	COMUNE DI PISTOIA
CANTIERE	GELLO
SONDAGGIO	4
CAMPIONE	2R
PROFONDITA'	4.20 - 4.40

TIPO DI CAMPIONE : RIMANEGGIATO
 TIPO DI CONTENITORE : SACCHETTO

SCHEMA DEL CAMPIONE



DESCRIZIONE GEOTECNICA DEL CAMPIONE ED EVENTUALI PROVE DI CONSISTENZA
 CON POCKET PENETROMETER E TORVANE :

argilla debolmente limosa grigio-verde con noduli calcarei
 e marnosi; presenza di rari frustoli vegetali
 Pen = 1.6 - 2.0 (kg/cm2) - Tor = 0.70 (kg/cm2)

PROVE PREVISTE :

Wn - LL

NOTE :

DITTA	COMUNE DI PISTOIA
CANTIERE	GELLO
SONDAGGIO	4
CAMPIONE	2R
PROFONDITA'	4.20 - 4.40

CARATTERISTICHE GENERALI DEL CAMPIONE

TIPO DI PROVA	SIMBOLO	UNITA' DI MISURA	RISULTATI PROVE
CONTENUTO NATURALE D'ACQUA	Wn	%	22
LIMITE DI LIQUIDITA'	WL	%	44
LIMITE DI PLASTICITA'	WP	%	22
INDICE DI PLASTICITA'	IP		22
PESO DELL'UNITA' DI VOLUME		gr/cm ³	
PESO SPECIFICO ASSOLUTO	Gs	gr/cm ³	
RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE CON ESPANSIONE LATERALE LIBERA	qu	kg/cm ²	
CLASSIFICAZIONE CNR UNI 10006			
DETERMINAZIONE DEI CARBONATI		%	

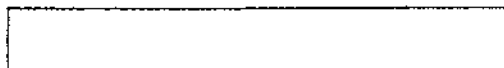
NOTE :

DITTA	COMUNE DI PISTOIA
CANTIERE	GELLO
SONDAGGIO	4
CAMPIONE	3R
PROFONDITA'	6.40 - 6.60

TIPO DI CAMPIONE : RIMANEGGIATO
TIPO DI CONTENITORE : SACCHETTO

SCHEMA DEL CAMPIONE

ALTO



BASSO

DESCRIZIONE GEOTECNICA DEL CAMPIONE ED EVENTUALI PROVE DI CONSISTENZA
CON POCKET PENETROMETER E TORVANE :

argilla debolmente limosa grigia con zone nocciola; presenza
di noduli calcarei e marnosi
Pen = 1.6 - 1.7 (kg/cm²) - Tor = 0.70 (kg/cm²)

PROVE PREVISTE :

Wn - LL

NOTE :

DITTA	COMUNE DI PISTOIA
CANTIERE	GELLO
SONDAGGIO	4
CAMPIONE	3R
PROFONDITA'	6.40 - 6.60

CARATTERISTICHE GENERALI DEL CAMPIONE

TIPO DI PROVA	SIMBOLO	UNITA' DI MISURA	RISULTATI PROVE
CONTENUTO NATURALE D'ACQUA	Wn	%	19
LIMITE DI LIQUIDITA'	WL	%	41
LIMITE DI PLASTICITA'	WP	%	21
INDICE DI PLASTICITA'	IP		20
PESO DELL'UNITA' DI VOLUME		gr/cm3	
PESO SPECIFICO ASSOLUTO	Gs	gr/cm3	
RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE CON ESPANSIONE LATERALE LIBERA	qu	kg/cm2	
CLASSIFICAZIONE CNR UNI 10006			
DETERMINAZIONE DEI CARBONATI		%	

NOTE :

DITTA	COMUNE DI PISTOIA
CANTIERE	GELLO
SONDAGGIO	4
CAMPIONE	2
PROFONDITA'	7.00 - 7.30

TIPO DI CAMPIONE : INDISTURBATO
 TIPO DI CONTENITORE : FUSTELLA CILINDRICA INOX

LUNGHEZZA CAMPIONE : Dichiarata 30.0 (cm) Reale 30.0 (cm)
 DIAMETRO CAMPIONE : 7.8 (cm)

ALTO

a	b	c
---	---	---

BASSO

DESCRIZIONE GEOTECNICA DEL CAMPIONE ED EVENTUALI PROVE DI CONSISTENZA
 CON POCKET PENETROMETER E TORVANE :

- a) Spessore = 4 cm
 PARTE RIMANEGGIATA
- b) Spessore = 14 cm
 argilla debolmente limosa nocciola con rari noduli calcarei
 e marnosi
 Pen = 1.2 - 1.4 (kg/cm²) - Tor = (kg/cm²)
- c) Spessore = 12 cm
 argilla debolmente limosa nocciola con numerosi noduli calcarei
 e marnosi; presenza diffusa di piccoli punti nerastri
 Pen = 1.0 - 1.2 (kg/cm²) - Tor = (kg/cm²)

PROVE PREVISTE :

strato b) Wn - LL - γ - Tx CIU strato c) Wn - LL - γ - Tx UU

NOTE :

DITTA	COMUNE DI PISTOIA
CANTIERE	GELLO
SONDAGGIO	4
CAMPIONE	2(b)
PROFONDITA'	7.00 - 7.30

CARATTERISTICHE GENERALI DEL CAMPIONE

TIPO DI PROVA	SIMBOLO	UNITA' DI MISURA	RISULTATI PROVE
CONTENUTO NATURALE D'ACQUA	W _n	%	23
LIMITE DI LIQUIDITA'	WL	%	50
LIMITE DI PLASTICITA'	WP	%	21
INDICE DI PLASTICITA'	IP		29
PESO DELL'UNITA' DI VOLUME		gr/cm ³	2.00
PESO SPECIFICO ASSOLUTO	G _s	gr/cm ³	
RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE CON ESPANSIONE LATERALE LIBERA	q _u	kg/cm ²	
CLASSIFICAZIONE CNR UNI 10006			
DETERMINAZIONE DEI CARBONATI		%	

NOTE :

DITTA COMUNE DI PISTOIA

CANTIERE GELLO

SONDAGGIO 4 CAMPIONE 2(b) PROFONDITA' 7.00 - 7.30

σ_c	b.p.	σ_3	σ_1	v	σ_3'	σ_1'	ϵ_R	w_I	w_F
2.9	1.36	1.54	3.03	0.47	1.07	2.56	8.1	24.2	22.8
PROVINO SATURATO IN CONTROPRESSIONE									

TIPO DI PROVA :

- Taglio diretto consolidato e drenato
- Taglio diretto non consolidato non drenato
- Taglio diretto consolidato e drenato con misura della resistenza massima e residua
- Prova triassiale consolidata e drenata (CD)
- Prova triassiale non consolidata non drenata (UU)
- Prova triassiale consolidata e non drenata con misura della pressione nei pori (CU)

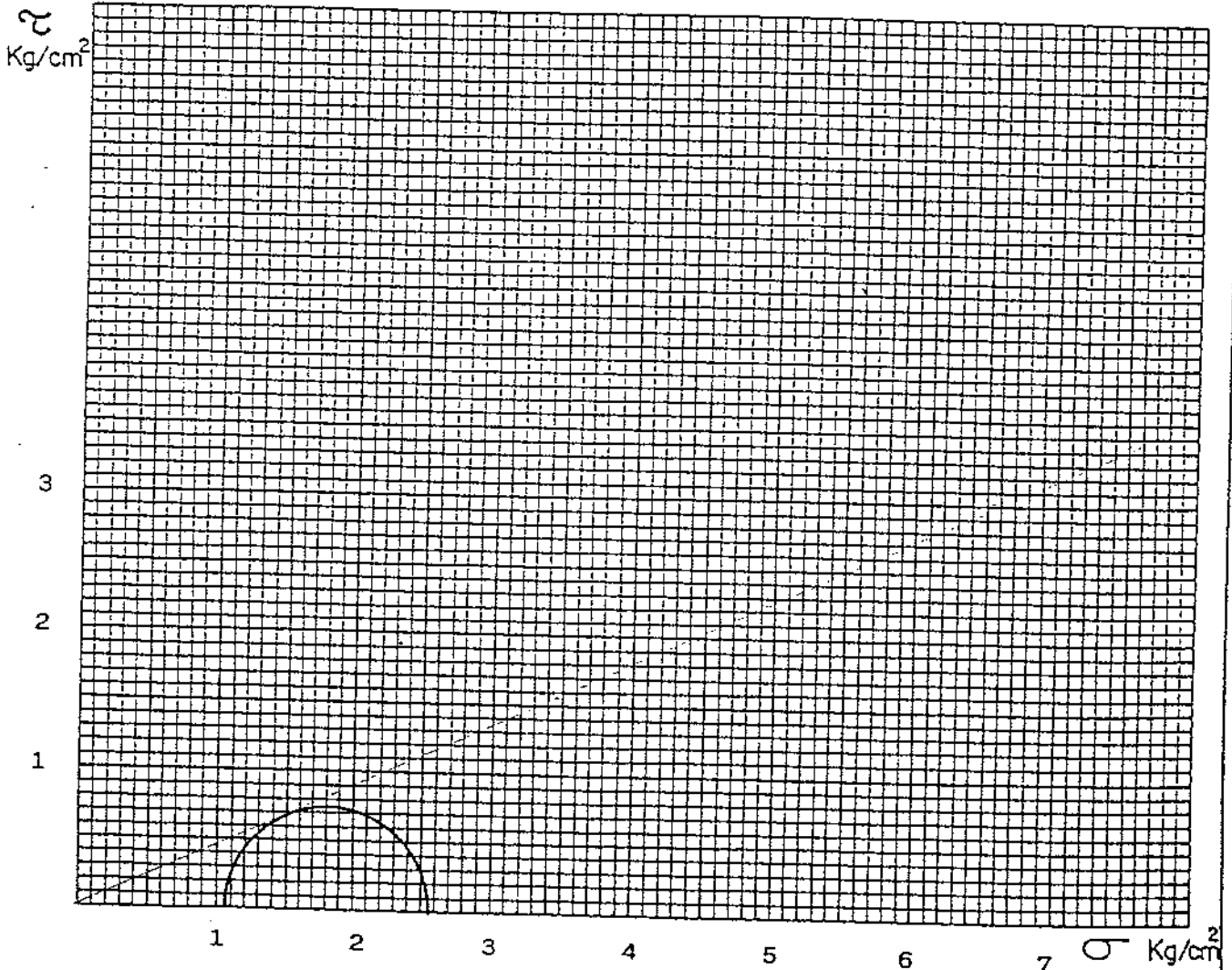
Velocità di prova = 0.05 mm/min

$\varphi = \dots\dots\dots$

$C = \dots\dots\dots \text{Kg/cm}^2$

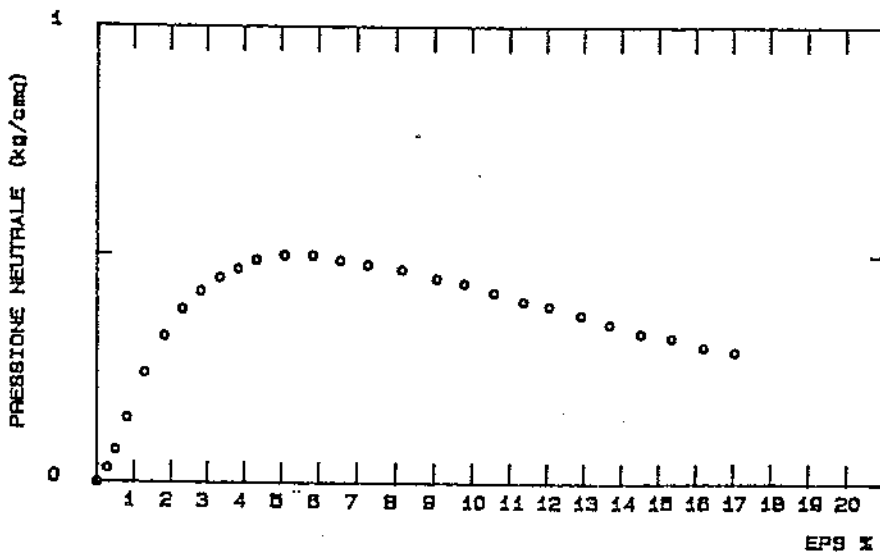
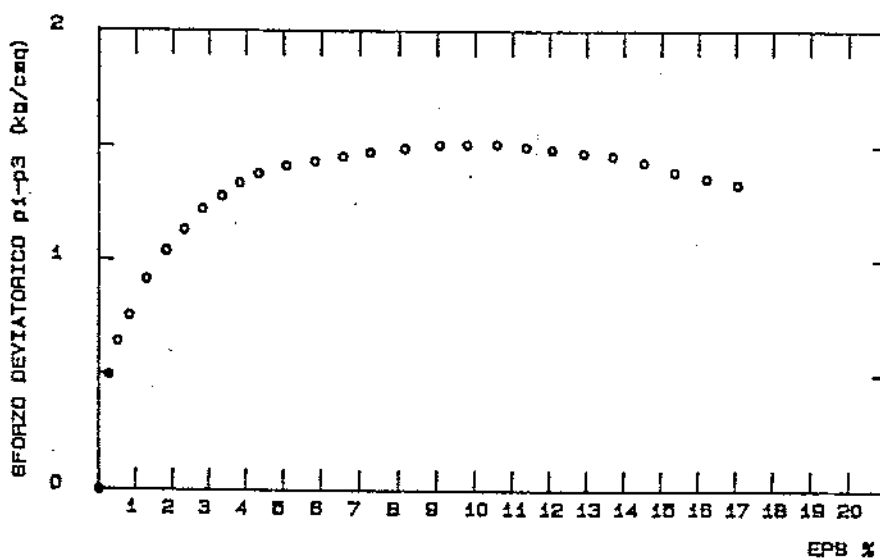
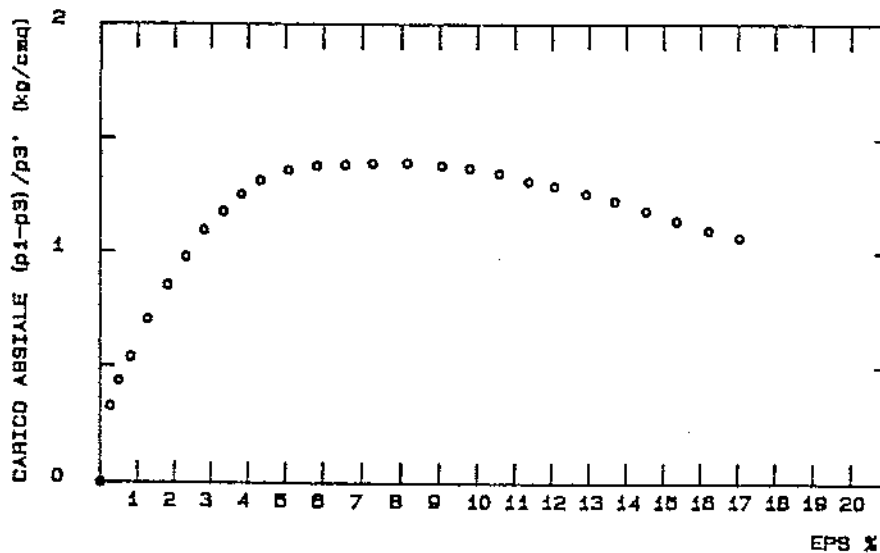
$\varphi_r = \dots\dots\dots$

$C_r = \dots\dots\dots \text{Kg/cm}^2$



COMMITTENTE : COMUNE DI PISTOIA
 CANTIERE : GELLO
 SONDAGGIO : 4
 CAMPIONE : 2 (b)
 PROFONDITA' [m] : 7.00 - 7.30

PROVA TRIASSIALE CONSOLIDATA ISOTROPICAMENTE NON DRENATA (Tx CIU)



PROVINO NUMERO	1
VELOCITA' PROVA [mm/min]	0.05
PRESS. IN CELLA [kg/cm ²]	2.9
BACK PRESSURE [kg/cm ²]	1.36
PRESS. EFF. IN CELLA [kg/cm ²]	1.54
ALTEZZA INIZIALE [cm]	7.88
DIAMETRO INIZIALE [cm]	3.72
VAR. ALT. FINE CONSOL. [cm]	0.16
VAR. VOL. FINE CONSOL. [cc]	4.8
PESO SECCO [gr]	134.590
UMIDITA' INIZIALE [%]	24.188
UMIDITA' FINALE [%]	22.777
SFORZO DEVIAT. MAX [kg/cm ²]	1.49
DEFORMAZ. A ROTTURA [%]	8.138



DITTA	COMUNE DI PISTOIA
CANTIERE	GELLO
SONDAGGIO	4
CAMPIONE	2(c)
PROFONDITA'	7.00 - 7.30

CARATTERISTICHE GENERALI DEL CAMPIONE

TIPO DI PROVA	SIMBOLO	UNITA' DI MISURA	RISULTATI PROVE
CONTENUTO NATURALE D'ACQUA	Wn	%	22
LIMITE DI LIQUIDITA'	WL	%	44
LIMITE DI PLASTICITA'	WP	%	21
INDICE DI PLASTICITA'	IP		23
PESO DELL'UNITA' DI VOLUME		gr/cm ³	2.03
PESO SPECIFICO ASSOLUTO	Gs	gr/cm ³	
RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE CON ESPANSIONE LATERALE LIBERA	qu	kg/cm ²	
CLASSIFICAZIONE CNR UNI 10006			
DETERMINAZIONE DEI CARBONATI		%	

NOTE :

DITTA..... COMUNE DI PISTOIA.....

CANTIERE..... GELLO.....

SONDAGGIO..... 4..... CAMPIONE..... 2(c)..... PROFONDITA'..... 7.00 - 7.30.....

σ_2	b.p.	σ_3	σ_1	u	σ_3'	σ_1'	ϵ_R	w_I	w_F
		1.5	2.36				13.7		20.0

TIPO DI PROVA :

- Taglio diretto consolidato e drenato
- Taglio diretto non consolidato non drenato
- Taglio diretto consolidato e drenato con misura della resistenza massima e residua
- Prova triassiale consolidata e drenata (CD)
- Prova triassiale non consolidata non drenata (UU)
- Prova triassiale consolidata e non drenata con misura della pressione nei pori (CU)

Velocità di prova = 0.7 mm/min

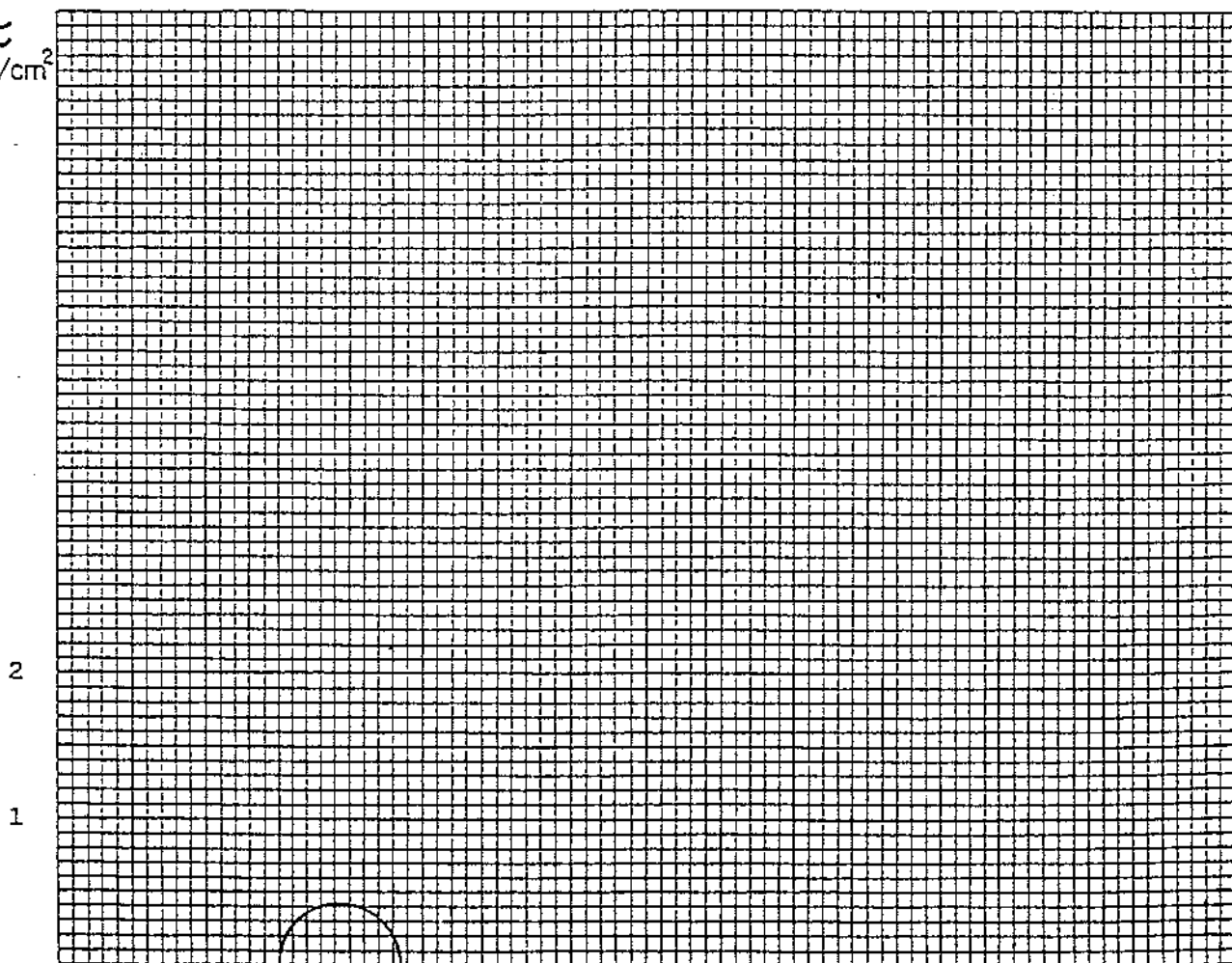
$\varphi = \dots\dots\dots$

$C = \dots\dots\dots \text{ Kg/cm}^2$

$\varphi_r = \dots\dots\dots$

$C_r = \dots\dots\dots \text{ Kg/cm}^2$

τ
Kg/cm²

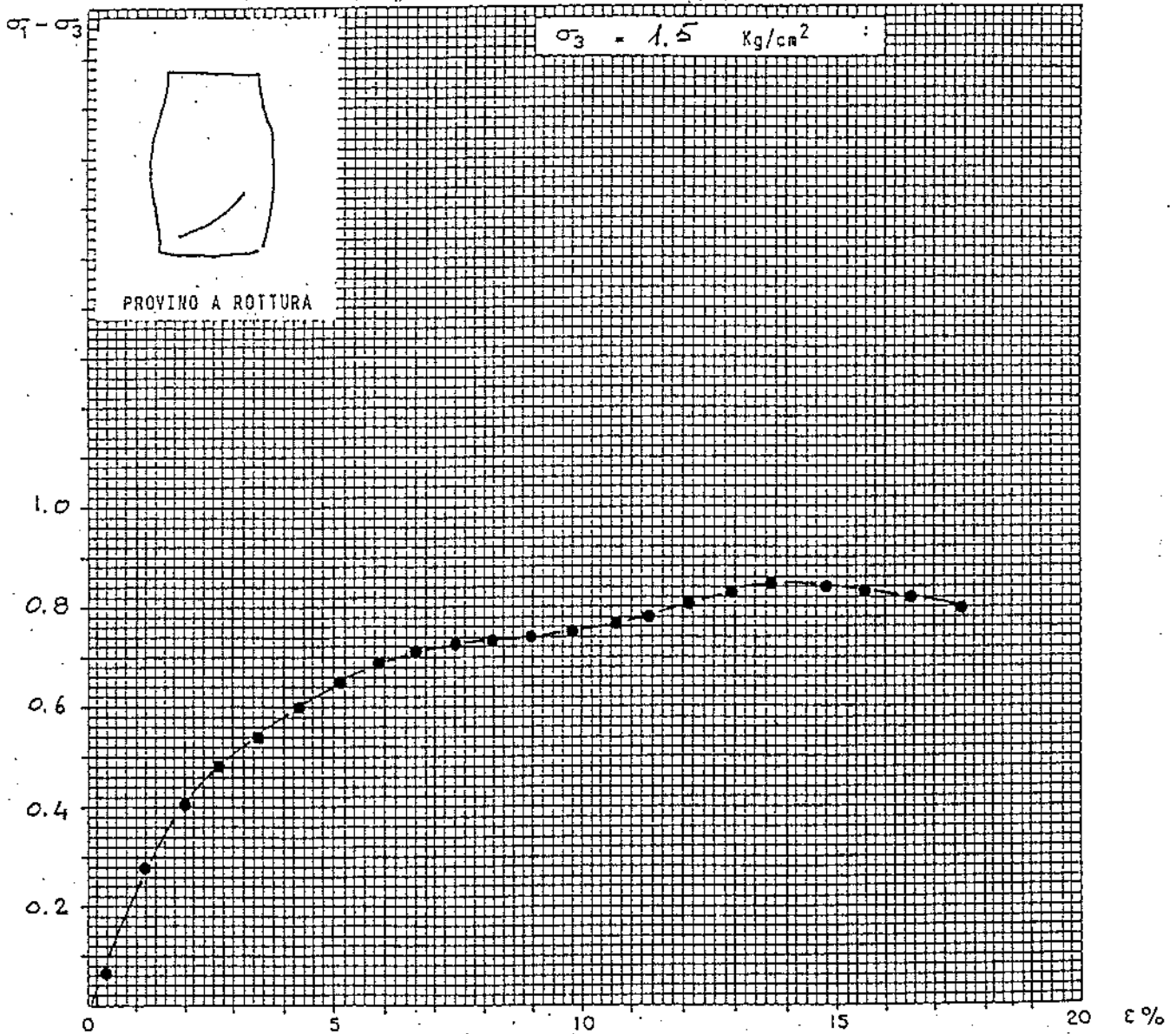


1 2 3

σ Kg/cm²

DITTA..... COMUNE DI PISTOIA.....
 CANTIERE..... GELLO.....
 SONDAGGIO..... 4..... CAMPIONE..... 2(c)..... PROFONDITA' 7.00 - 7.30.....

DIAGRAMMA SFORZI - DEFORMAZIONI



TIPO DI PROVA:



Triassiale non consolidata non drenata (U.U.)



Consolidata e non drenata con misura della pressione nei pori (C.U.)



Consolidata e drenata

DIMENSIONI DEL PROVINO:

altezza (h) = 7.63 cm

Diámetro medio (D) = 3.72 cm

DITTA	COMUNE DI PISTOIA
CANTIERE	GELLO
SONDAGGIO	4
CAMPIONE	3
PROFONDITA'	13.50 - 13.85

TIPO DI CAMPIONE : INDISTURBATO
 TIPO DI CONTENITORE : FUSTELLA CILINDRICA INOX

LUNGHEZZA CAMPIONE : Dichiarata 35.0 (cm) Reale 35.0 (cm)
 DIAMETRO CAMPIONE : 7.8 (cm)

ALTO

a	b	c	d
---	---	---	---

BASSO

DESCRIZIONE GEOTECNICA DEL CAMPIONE ED EVENTUALI PROVE DI CONSISTENZA
 CON POCKET PENETROMETER E TORVANE :

- a) Spessore = 5 cm
 PARTE RIMANEGGIATA
 sabbia medio grossa limosa marron
- b) Spessore = 15 cm
 PARTE RIMANEGGIATA
 argilla limosa marron mista a ghiaia
- c) Spessore = 5 cm
 argilla debolmente limosa marron nocciola con frammenti rocciosi
 e noduli marnosi
- d) Spessore = 10 cm
 argilla debolmente limosa marron nocciola con numerosi noduli
 calcarei e marnosi di varie dimensioni
 Pen = 2.4 - 2.7 (kg/cm²) - Tor = (kg/cm²)

PROVE PREVISTE :

strato d) Wn - LL - γ - Tx CIU

NOTE :

DITTA	COMUNE DI PISTOIA
CANTIERE	GELLO
SONDAGGIO	4
CAMPIONE	3(d)
PROFONDITA'	13.50 - 13.85

CARATTERISTICHE GENERALI DEL CAMPIONE

TIPO DI PROVA	SIMBOLO	UNITA' DI MISURA	RISULTATI PROVE
CONTENUTO NATURALE D'ACQUA	Wn	%	17
LIMITE DI LIQUIDITA'	WL	%	42
LIMITE DI PLASTICITA'	WP	%	19
INDICE DI PLASTICITA'	IP		23
PESO DELL'UNITA' DI VOLUME		gr/cm3	2.10
PESO SPECIFICO ASSOLUTO	Gs	gr/cm3	
RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE CON ESPANSIONE LATERALE LIBERA	qu	kg/cm2	
CLASSIFICAZIONE CNR UNI 10006			
DETERMINAZIONE DEI CARBONATI		%	

NOTE :



RESISTENZA AL TAGLIO

DITTA..... COMUNE DI PISTOIA.....
 CANTIERE..... GELLO.....
 SONDAGGIO..... 4..... CAMPIONE..... 3(d)..... PROFONDITA'..... 13.50 - 13.85.....

σ_c	b.p.	σ_3	σ_1	u	σ_3'	σ_1'	ϵ_R	v_i	v_f
4.4	2.85	1.54	3.77	0.50	1.04	3.27	3.1	15.7	18.4
4.4	1.39	3.01	5.99	0.73	2.28	5.26	6.0	17.8	18.5
PROVINI SATURATI IN CONTROPRESSIONE									

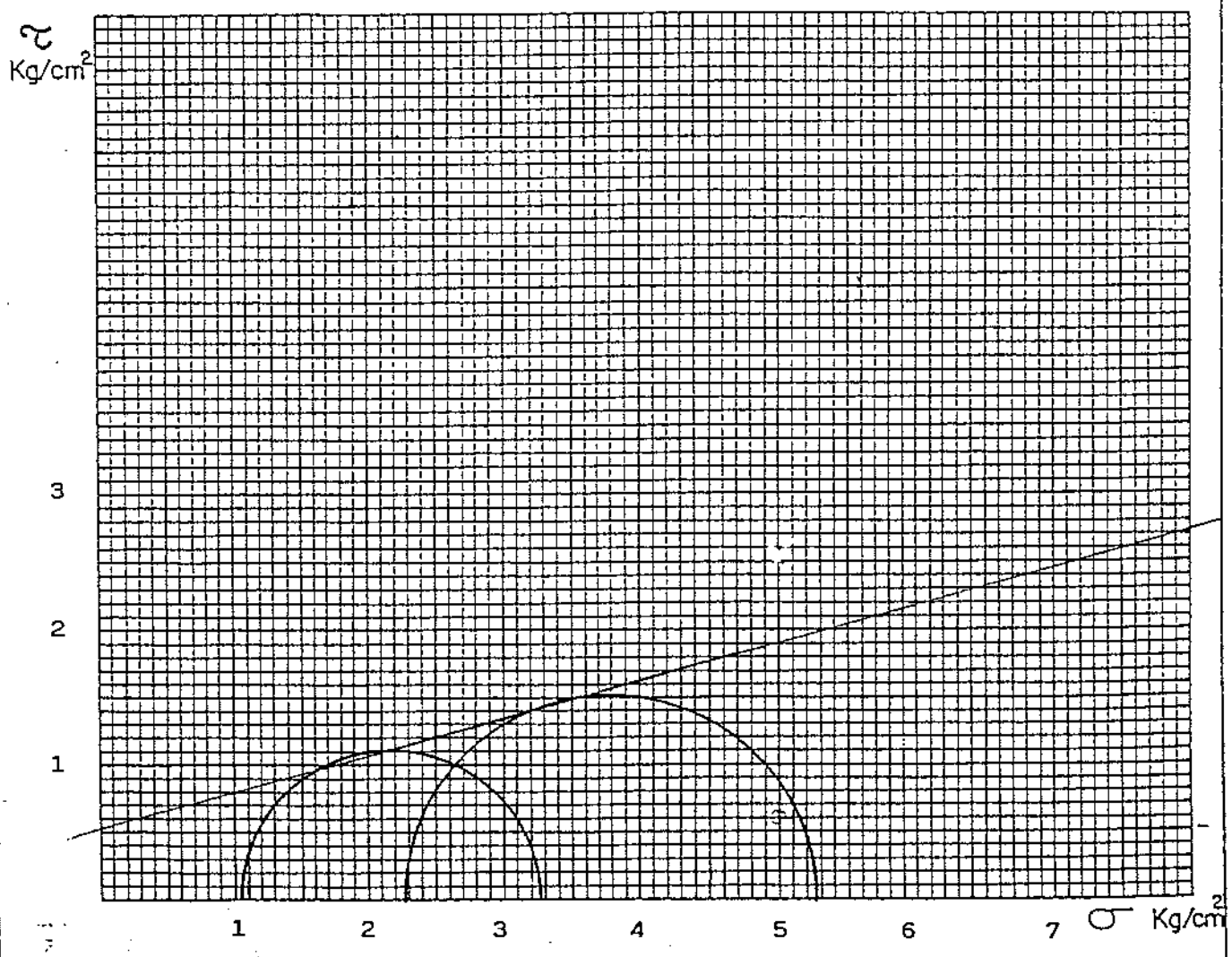
- TIPO DI PROVA :
- Taglio diretto consolidato e drenato
 - Taglio diretto non consolidato non drenato
 - Taglio diretto consolidato e drenato con misura della resistenza massima e residua
 - Prova triassiale consolidata e drenata (CD)
 - Prova triassiale non consolidata non drenata (UU)
 - Prova triassiale consolidata e non drenata con misura della pressione nei pori (CU)
- Velocità di prova = 0.05 mm/min

$\varphi = \dots\dots\dots$

$C = \dots\dots\dots \text{Kg/cm}^2$

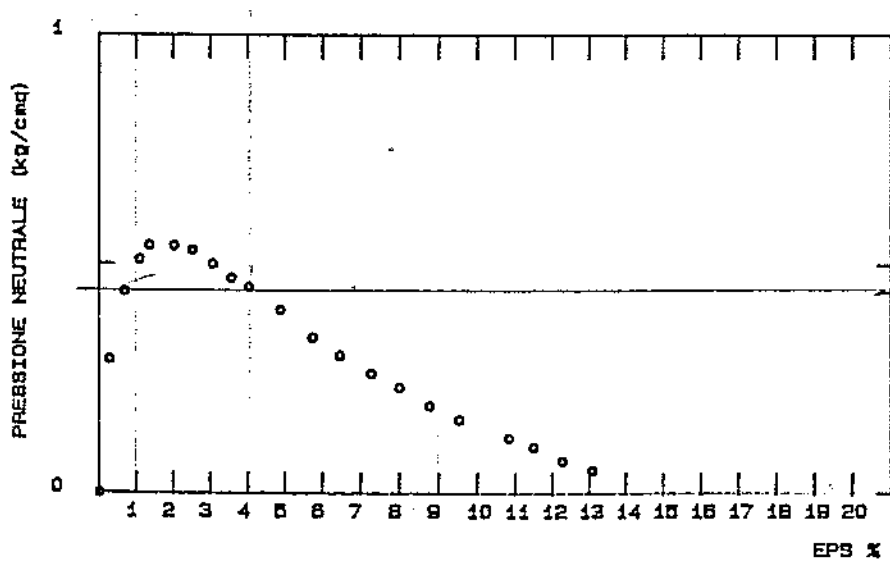
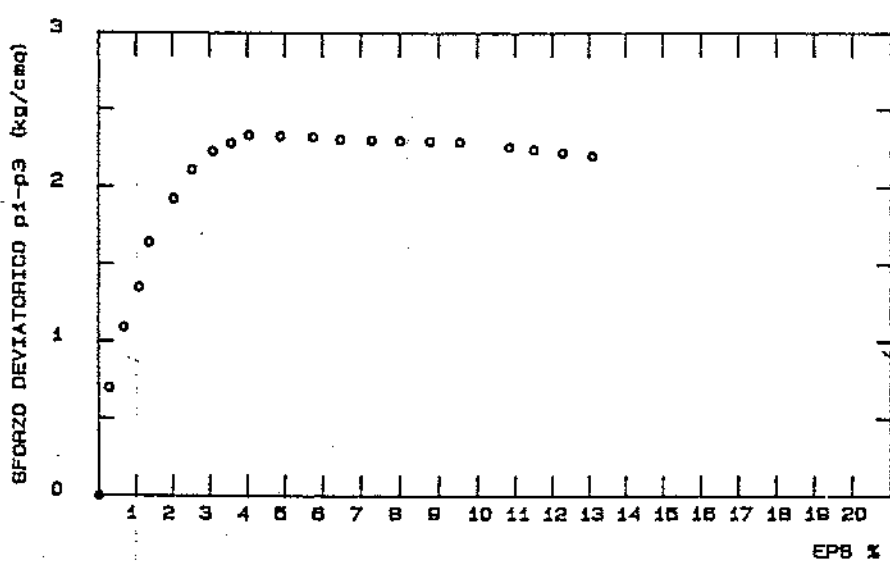
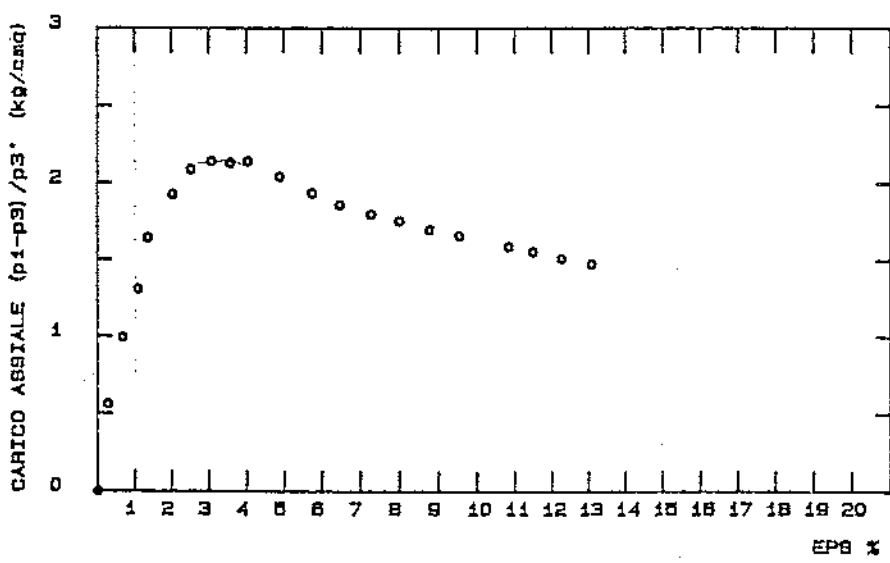
$\varphi_r = \dots\dots\dots$

$C_r = \dots\dots\dots \text{Kg/cm}^2$



COMMITTENTE : COMUNE DI PISTOIA
 CANTIERE : GELLO
 SONDAGGIO : 4
 CAMPIONE : 3
 PROFONDITA' [m] : 13.50 - 13.85

PROVA TRIASSIALE CONSOLIDATA ISOTROPICAMENTE NON DRENATA (Tx CIU)



PROVINO NUMERO	1
VELOCITA' PROVA [mm/min]	0.5
PRESS. IN CELLA [kg/cm2]	4.4
BACK PRESSURE [kg/cm2]	2.86
PRESS. EFF. IN CELLA [kg/cm2]	1.54
ALTEZZA INIZIALE [cm]	7.68
DIAMETRO INIZIALE [cm]	3.71
VAR. ALT. FINE CONSOL. [cm]	0.035
VAR. VOL. FINE CONSOL. [cc]	3.4
PESO BECCO [gr]	151.308
UMIDITA' INIZIALE [%]	18.858
UMIDITA' FINALE [%]	18.357
SFORZO DEVIAT. MAX [kg/cm2]	2.22
DEFORMAZ. A ROTTURA [%]	3.089

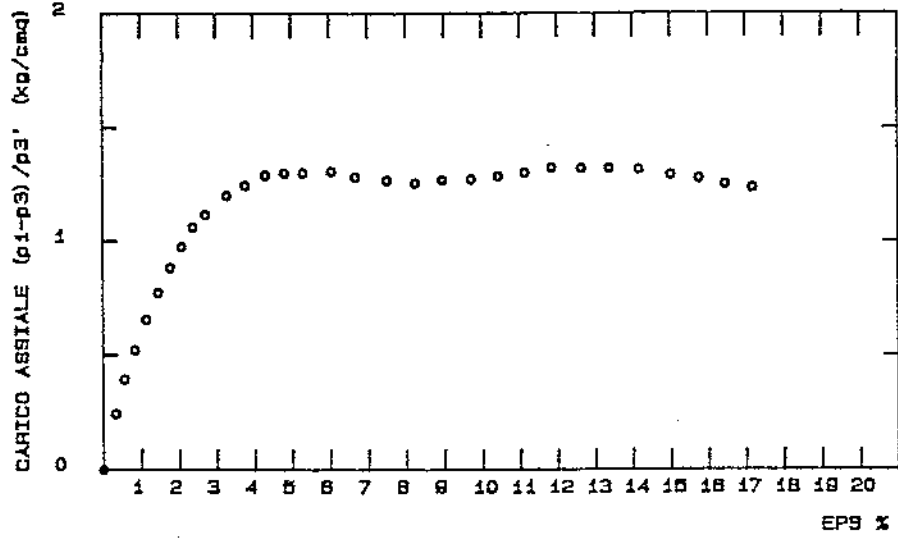
SCHIZZO A ROTTURA



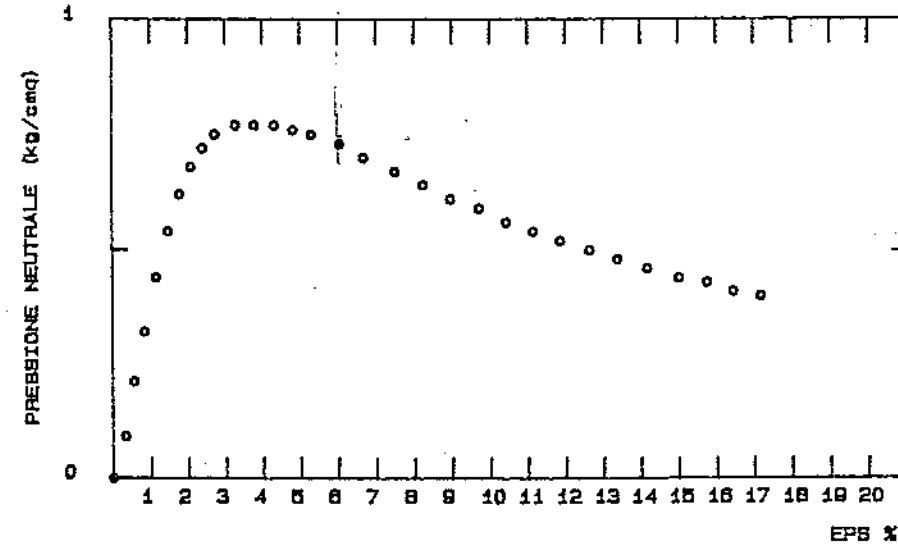
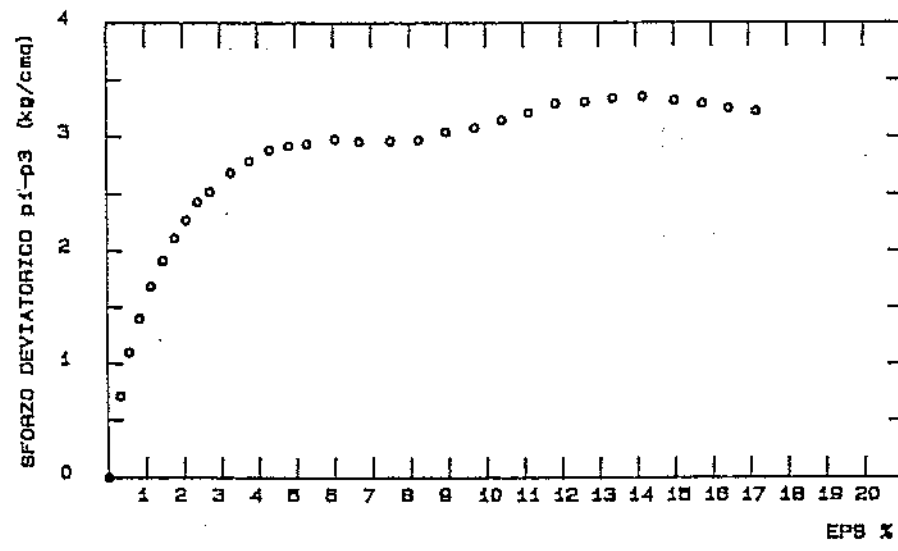
ITALGEO S.p.A.
PADOVA

COMMITTENTE : COMUNE DI PISTOLA
 CANTIERE : GELLO
 SONDAGGIO : 4
 CAMPIONE : 3
 PROFONDITA' [m] : 13.50 - 13.85

PROVA TRIASSIALE CONSOLIDATA ISOTROPICAMENTE NON DRENATA (Tx CIU)



PROVINO NUMERO	2
VELOCITA' PROVA [mm/min]	0.5
PRESS. IN CELLA [kg/cm²]	4.4
BACK PRESSURE [kg/cm²]	1.39
PRESS. EFF. IN CELLA [kg/cm²]	3.01
ALTEZZA INIZIALE [cm]	7.87
DIAMETRO INIZIALE [cm]	3.71
VAR. ALT. FINE CONSOL. [cm]	0.03
VAR. VOL. FINE CONSOL. [cc]	5.2
PESO SECCO [gr]	147.81B
UMIDITA' INIZIALE [%]	17.800
UMIDITA' FINALE [%]	18.51B
SFORZO DEVIAT. MAX [kg/cm²]	2.98
DEFORMAZ. A ROTTURA [%]	6.0



SCHIZZO A ROTTURA



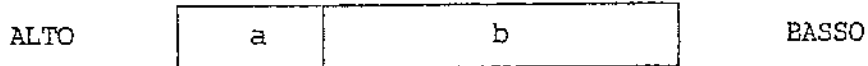
ITALGEO SRL

PADOVA

DITTA	COMUNE DI PISTOIA
CANTIERE	GELLO
SONDAGGIO	4
CAMPIONE	4
PROFONDITA'	17.80 - 18.30

TIPO DI CAMPIONE : INDISTURBATO
 TIPO DI CONTENITORE : FUSTELLA CILINDRICA INOX

LUNGHEZZA CAMPIONE : Dichiarata 50.0 (cm) Reale 36.0 (cm)
 DIAMETRO CAMPIONE : 7.8 (cm)



DESCRIZIONE GEOTECNICA DEL CAMPIONE ED EVENTUALI PROVE DI CONSISTENZA
 CON POCKET PENETROMETER E TORVANE :

- a) Spessore = 10 cm
 PARTE RIMANEGGIATA
- b) Spessore = 26 cm
 argilla debolmente limosa nocciola con numerosi noduli
 calcarei e marnosi; presenza di rari punti scuri

PROVE PREVISTE :

strato b) Wn - LL - GR

NOTE :

DITTA	COMUNE DI PISTOIA
CANTIERE	GELLO
SONDAGGIO	4
CAMPIONE	4(b)
PROFONDITA'	17.80 - 18.30

CARATTERISTICHE GENERALI DEL CAMPIONE

TIPO DI PROVA	SIMBOLO	UNITA' DI MISURA	RISULTATI PROVE
CONTENUTO NATURALE D'ACQUA	Wn	%	22
LIMITE DI LIQUIDITA'	WL	%	44
LIMITE DI PLASTICITA'	WP	%	21
INDICE DI PLASTICITA'	IP		23
PESO DELL'UNITA' DI VOLUME		gr/cm ³	
PESO SPECIFICO ASSOLUTO	Gs	gr/cm ³	
RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE CON ESPANSIONE LATERALE LIBERA	qu	kg/cm ²	
CLASSIFICAZIONE CNR UNI 10006			
DETERMINAZIONE DEI CARBONATI		%	

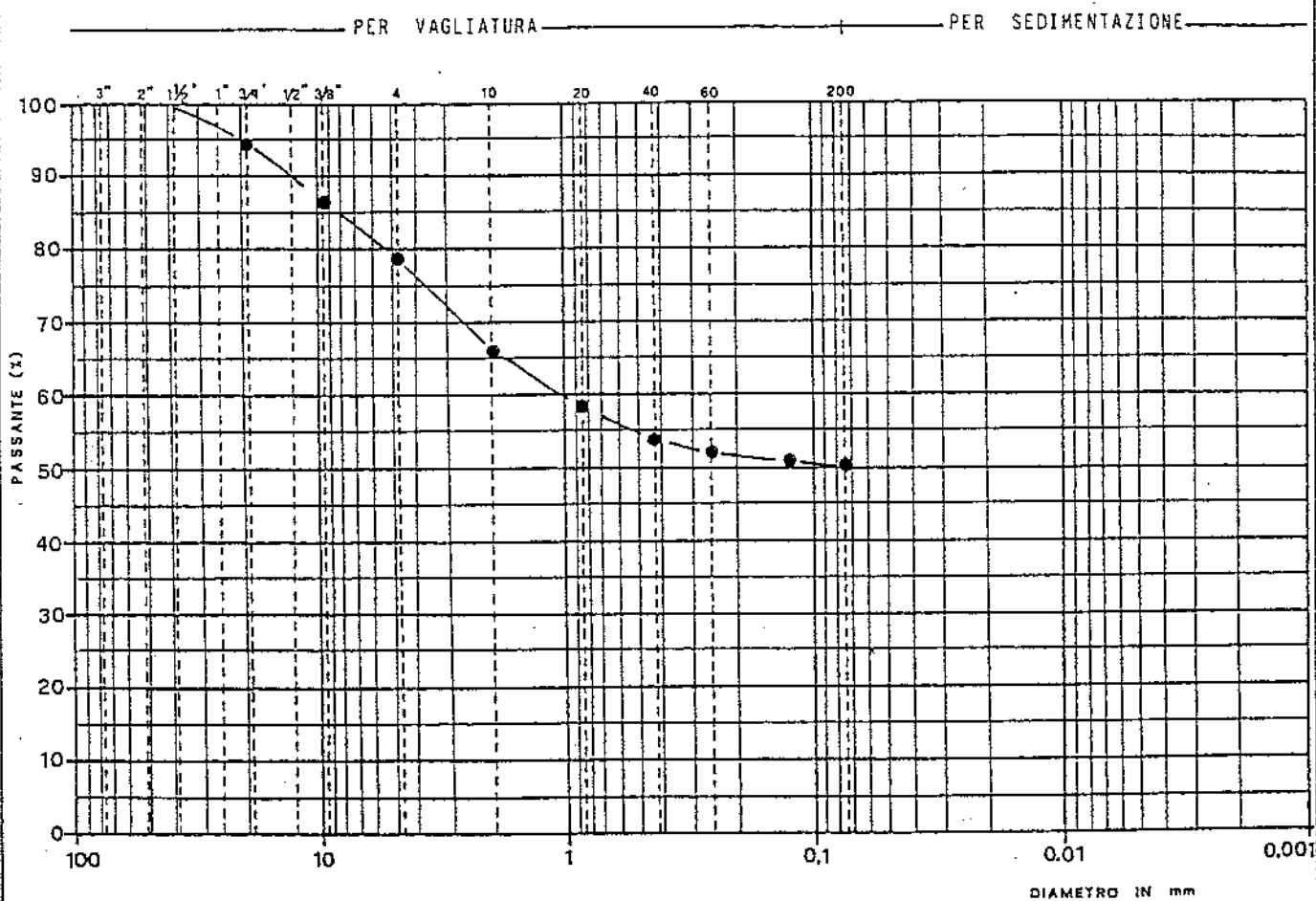
NOTE :

DITTA COMUNE DI PISTOIA

CANTIERE GELLO

SONDAGGIO 4 CAMPIONE 4(b) PROFONDITA' 17,80 - 18,30

CURVA GRANULOMETRICA



CIOTTOLI	G H I A J A	S A B B I A	L I M O	ARGILLA
	G M F	G M F		
60	20 6 2	0.8 0.2 0.06		0.002

ANALISI GRANULOMETRICA: PER VIA SECCA PER VIA UMIDA

SETACCI SERIE ASTM SETACCI SERIE UNI

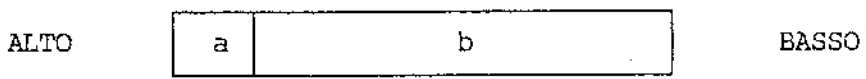
ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

METODO CON DENSIMETRO METODO CON PIPETTA DI ANDREASEN

DITTA	COMUNE DI PISTOIA
CANTIERE	GELLO
SONDAGGIO	4
CAMPIONE	5
PROFONDITA'	21.00 - 21.35

TIPO DI CAMPIONE : INDISTURBATO
 TIPO DI CONTENITORE : FUSTELLA CILINDRICA INOX

LUNGHEZZA CAMPIONE : Dichiarata 35.0 (cm) Reale 35.0 (cm)
 DIAMETRO CAMPIONE : 7.8 (cm)



DESCRIZIONE GEOTECNICA DEL CAMPIONE ED EVENTUALI PROVE DI CONSISTENZA
 CON POCKET PENETROMETER E TORVANE :

- a) Spessore = 5 cm
 PARTE RIMANEGGIATA
- b) Spessore = 30 cm
 argilla debolmente limosa nocciola con numerosi noduli
 calcarei e marnosi
 Pen = >4.5 (kg/cm2) - Tor = (kg/cm2)

PROVE PREVISTE :
 strato b) Wn - LL - Y - Gs - IL - DS

NOTE :

DITTA	COMUNE DI PISTOIA
CANTIERE	GELLO
SONDAGGIO	4
CAMPIONE	5(b)
PROFONDITA'	21.00 - 21.35

CARATTERISTICHE GENERALI DEL CAMPIONE

TIPO DI PROVA	SIMBOLO	UNITA' DI MISURA	RISULTATI PROVE
CONTENUTO NATURALE D'ACQUA	Wn	%	16
LIMITE DI LIQUIDITA'	WL	%	43
LIMITE DI PLASTICITA'	WP	%	20
INDICE DI PLASTICITA'	IP		23
PESO DELL'UNITA' DI VOLUME		gr/cm ³	2.10
PESO SPECIFICO ASSOLUTO	Gs	gr/cm ³	2.73
RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE CON ESPANSIONE LATERALE LIBERA	qu	kg/cm ²	
CLASSIFICAZIONE CNR UNI 10006			
DETERMINAZIONE DEI CARBONATI		%	

NOTE :

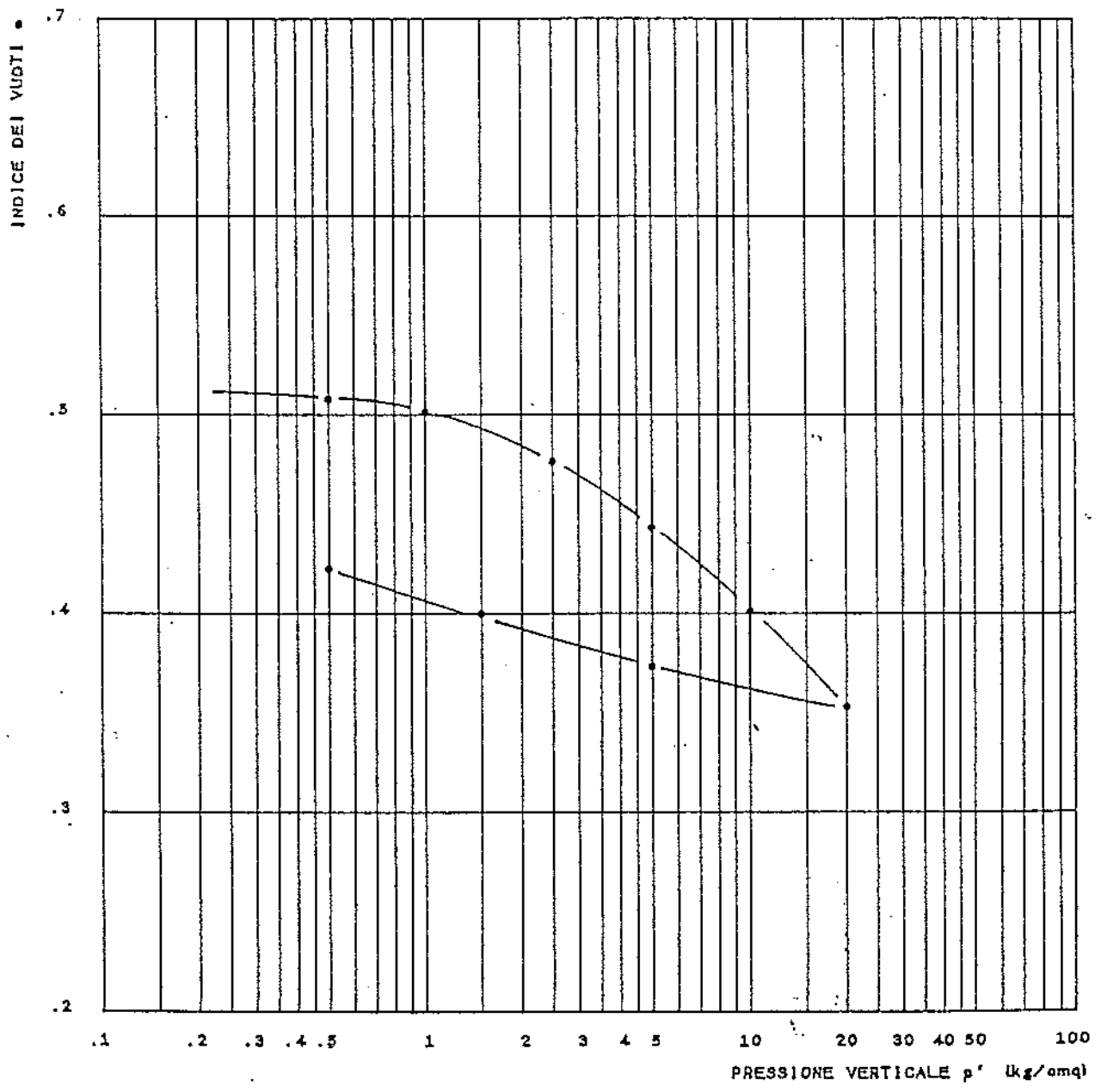


DITTA : COMUNE DI PISTOIA

CANTIERE : GELLO

SONDAGGIO : 4 CAMPIONE : 5 (b) PROFONDITA' : 21.00 - 21.35

DIAGRAMMA DI COMPRESSIBILITA' EDOMETRICA



Apparecchio N. : 8
 Durata prova (gg) : 14
 Diametro provino (cm) : 7.15
 Altezza iniziale provino (cm) : 2
 Altezza finale provino (cm) : 1.882
 Contenuto in acqua iniziale (w) : 16.5
 Contenuto in acqua finale (w) : 16.6
 Indice di compressione Co : .16

PRESSIONE (kg/cm²)	INDICE DEI VUOTI
0	.512
.5	.508
1	.501
2.5	.476
5	.443
10	.401
20	.354
5	.374
1.5	.4
.5	.422

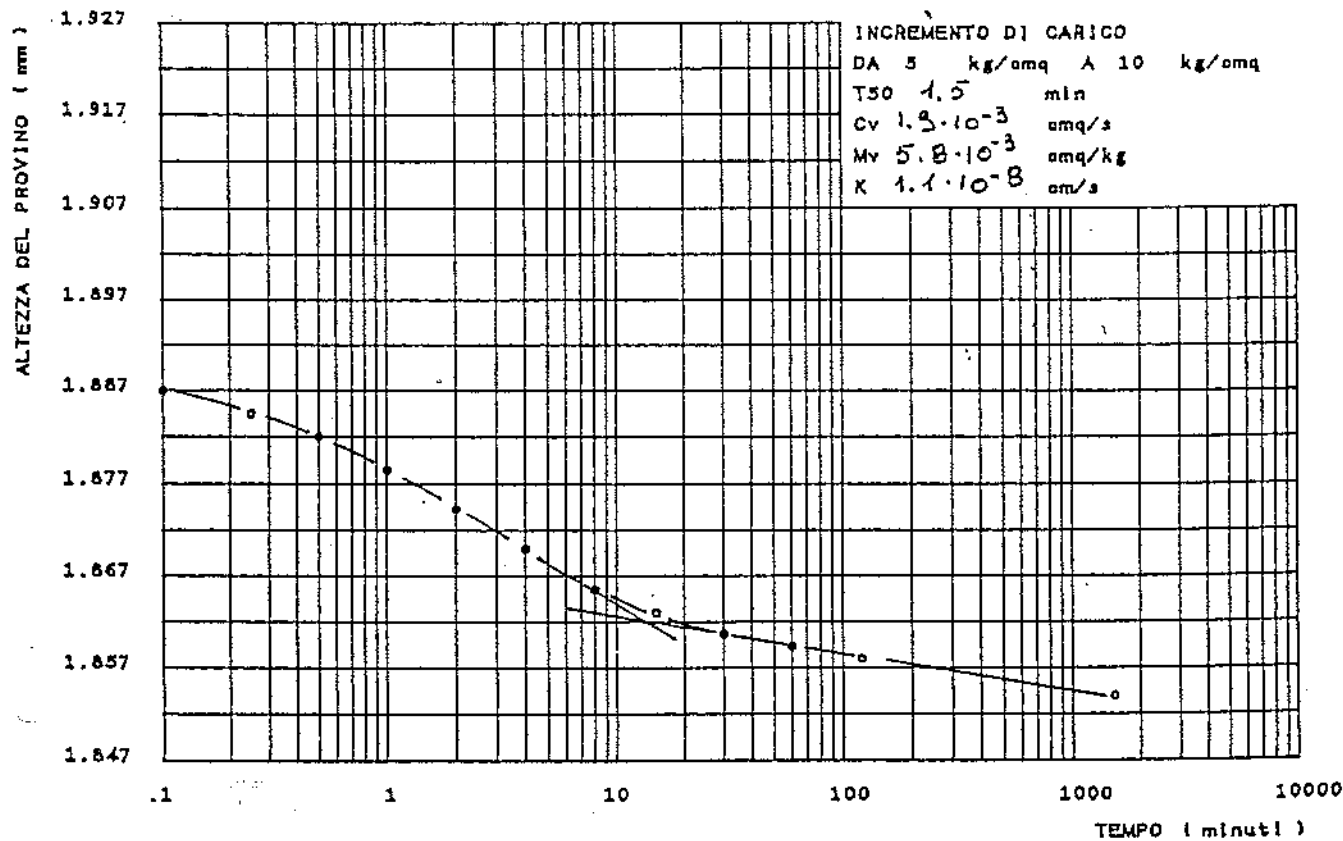
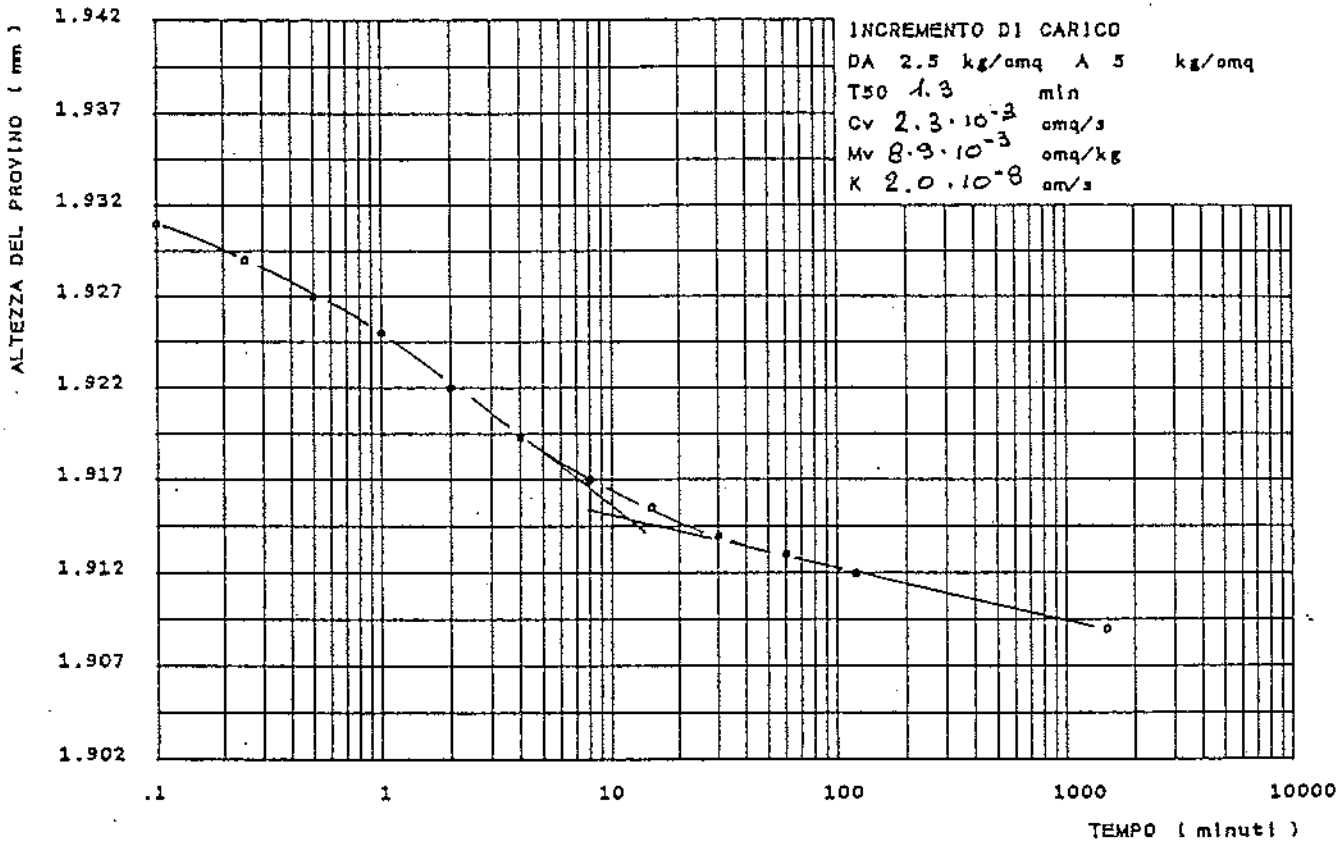


DITTA : COMUNE DI PISTOIA

CANTIERE : GELLO

SONDAGGIO : 4 CAMPIONE : 5 (b) PROFONDITA' : 21.00 - 21.35

DIAGRAMMI CEDIMENTO - TEMPO



DITTA	COMUNE DI PISTOIA
CANTIERE	GELLO
SONDAGGIO	4
CAMPIONE	5(b)
PROFONDITA'	21.00 - 21.35

CARATTERISTICHE GENERALI DEL CAMPIONE

TIPO DI PROVA	SIMBOLO	UNITA' DI MISURA	RISULTATI PROVE
CONTENUTO NATURALE D'ACQUA	Wn	%	21
LIMITE DI LIQUIDITA'	WL	%	
LIMITE DI PLASTICITA'	WP	%	
INDICE DI PLASTICITA'	IP		
PESO DELL'UNITA' DI VOLUME		gr/cm ³	1.98
PESO SPECIFICO ASSOLUTO	Gs	gr/cm ³	
RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE CON ESPANSIONE LATERALE LIBERA	qu	kg/cm ²	
CLASSIFICAZIONE CNR UNI 10006			
DETERMINAZIONE DEI CARBONATI		%	

NOTE :
 PROVE CONDOTTE SU PROVINO IMBIBITO PER 5 GG



RESISTENZA AL TAGLIO

DITTA..... COMUNE DI PISTOIA.....
 CANTIERE..... GELLO.....
 SONDAGGIO..... 4..... CAMPIONE..... 5(b)..... PROFONDITA' 21.00 - 21.35.....

σ	τ	Sr	H	ϕ	WF
1.41	0.89	3.12	20.8	60	20.9
2.48	1.67	3.18	20.9	60	17.8

TIPO DI PROVA :

- Taglio diretto consolidato e drenato
- Taglio diretto non consolidato non drenato
- Taglio diretto consolidato e drenato con misura della resistenza massima e residua
- Prova triassiale consolidata e drenata (CD)
- Prova triassiale non consolidata non drenata (UU)
- Prova triassiale consolidata e non drenata con misura della pressione nei pori (CU)

Velocità di prova = 0.024 mm/min

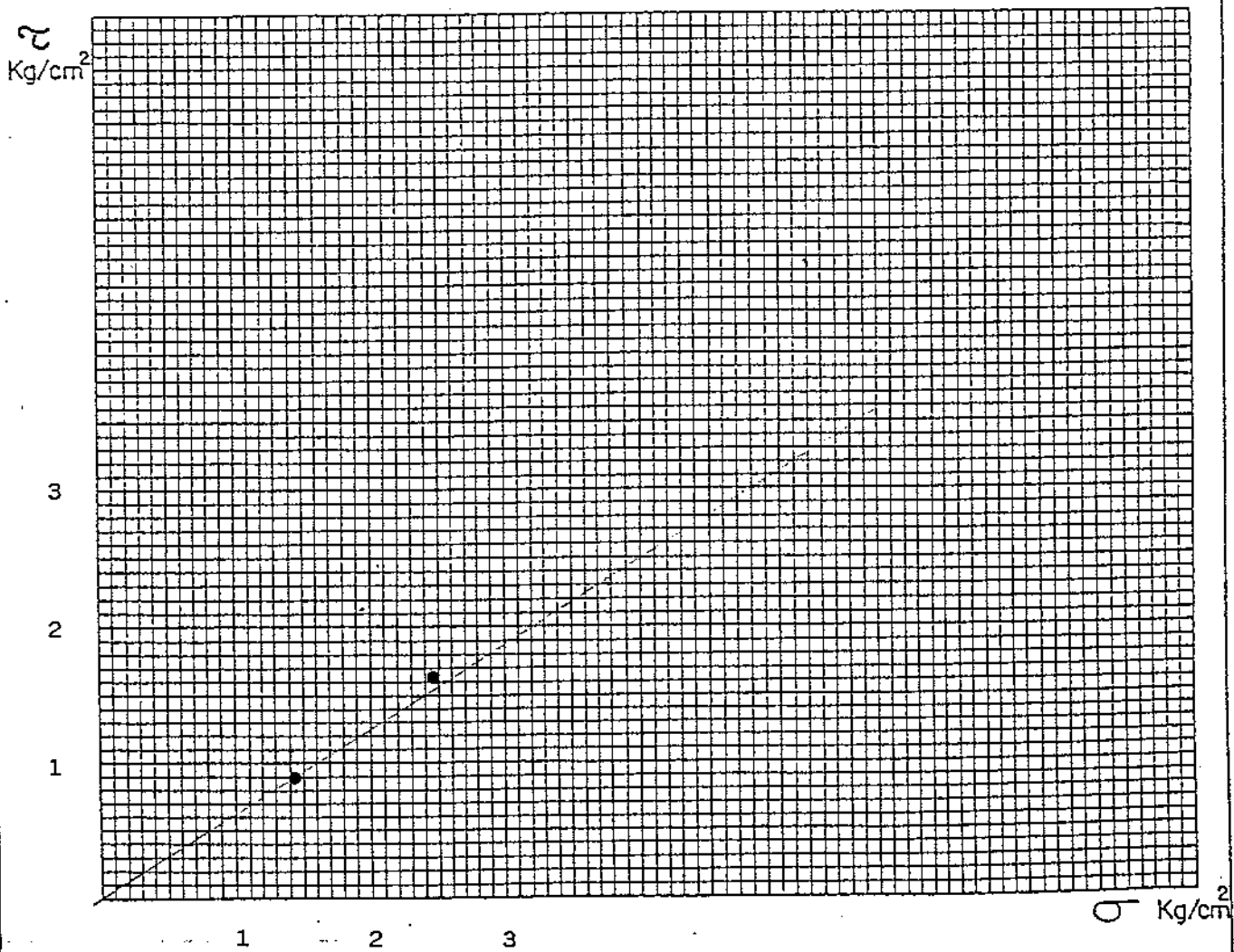
LA PROVA E' STATA CONDOTTA SU MATERIALE IMBIBITO PER 5 GG

ϕ =

C = Kg/cm²

ϕ_r =

C_r = Kg/cm²



Ministero dell'Ambiente
e della Tutela del Territorio


Autorità di Bacino del Fiume Arno



REGIONE TOSCANA
GIUNTA REGIONALE



Provincia di Pistoia



Comune di Pistoia

Opere strutturali di messa in sicurezza idraulica ed
approvvigionamento idropotabile in località Gello
e Laghi Primavera

PROGETTO ESECUTIVO

INVASO GIUDEA IN LOCALITA' GELLO

Adempimento prescrizioni lettera S.N.D. Prot.SDI/ 7860 del 16 Dicembre 1996 e verifiche dinamiche

R.U.P.

Dott. Lorenzo Cecchi de' Rossi

Via Traversa della Vergine, 81 51100 Pistoia (PT)

PROGETTO:

Consorzio di Bonifica Ombrone P.se - Bisenzio

AREA GESTIONE DEL TERRITORIO

Via Traversa della Vergine, 81
51100 Pistoia



GRUPPO DI LAVORO (Decreto del Direttore n° 255 del 18.12.2006):

Ing. Stefano Burchielli : responsabile della progettazione

Ing. Nicola Giusti : progettista

Ing. jr. Matteo Vaccai: progettista

Geom. Stefania Galardini : procedure espropriative

Rag. Giovanna Vassallo : supporto amministrativo

Arch. Riccardo Luca Breschi: studio urbanistico e di inserimento ambientale

Università degli Studi di Firenze - Facoltà di ingegneria
Dipartimento ingegneria Civile: Impatto ambientale
coordinatore attività: prof. Ing. Enio Paris

Arch. Olga Agostini: inquadramento urbanistico e proposta di
modifica degli strumenti vigenti

Geom. Stefano Loli: rilievi topografici

D.R.E.A.M. Italia S.c.r.l. : aspetti geologici

Geologia e Ambiente S.n.C. : indagini geognostiche

GEOTECNALab S.r.l.: prove geotecniche di laboratorio

Ing. Giancarlo Caroli: progettazione opere idrauliche

Interstudio Firenze S.r.l. : ingegnerizzazione attività di scavo,
selezione e trasporto materiale interte

R.T.I. Interstudio Firenze S.r.l. - Geotecnica Progetti S.r.l. :
Invaso Giudea in località Gello - Aggiornamento del progetto per
il ripristino funzionale, per l'aumento della capacità e per
l'adeguamento al D.M. 24.03.1982 n° 44 e delle verifiche
sismiche (Progettisti: ingg. Giuseppe Baldovin, Ezio Baldovin -
D.L.: ing. Sergio Rizzo)

RELAZIONE GEOLOGICA All.-Stratigrafie dei sondaggi geognostici integrativi (Geologia & Ambiente,2007)	COD.
	C.2
Redatto da: R.T.I. Interstudio - Geotecnica Progetti	DATA
Progettisti: Ingg. G. Baldovin, E. Baldovin	Luglio 2007

3530EAD084-C2-Stratig

SONDAGGIO: S1**LUNGHEZZA (m): 30,0**

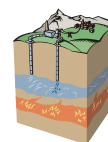
Tip. di perforazione: Carotaggio continuo a rotazione Diam: 101 mm

COMMITTENTE: CONSORZIO OMBRONE BISENZIO

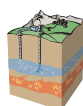
CANTIERE: BACINO DELLA GIUDEA

LOCALITA': GELLO, PISTOIA

DATA : 22/01/2007


**GEOLOGIA &
AMBIENTE S.n.c.**
Indagini Ambientali

STRATIGRAFIA E DESCRIZIONE		Prof. (m)	Carotaggio (%)	SPT	Pocket (Mpa)	Vane test (kg/cm ²)	Campioni indisturbati
1	Limo argilloso marrone	1,2					
2	Limo sabbioso con inclusi litici e tracce di ossidazione	2,0					
3	Limo argilloso sabbioso grigio scuro debolmente cementato	3,0					
4	Limo argilloso marrone con livelli argillitici diagenizzati grigio scuri						
5							
6	Livello di alterazione delle argilliti di colore grigio scuro marrone	5,6					
7	Argilliti grigio scure con inclusi livelli più marnosi, estremamente friabili	6,2					
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20		20,0					


**GEOLOGIA &
AMBIENTE S.n.c.**
Indagini Ambientali

 Via Panciatichi 11 - 51100 Pistoia - Tel./Fax 0573366497
 e mail geologiaeambiente@tiscali.it
GEOLOGIA & AMBIENTE snc
 di Naselli Gino & C.
 Via Panciatichi 11 - 51100 PISTOIA
 Tel. - Fax 0573-366497
 P.IVA 01427880479
 e mail: geologiaeambiente@tiscalinet.it

SONDAGGIO: S1**LUNGHEZZA (m): 30,0**

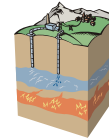
Tip. di perforazione: Carotaggio continuo a rotazione Diam: 101 mm

COMMITTENTE: CONSORZIO OMBRONE BISENZIO

CANTIERE: BACINO DELLA GIUDEA

LOCALITA': GELLO, PISTOIA

DATA : 22/01/2007


**GEOLOGIA &
AMBIENTE S.n.c.**
Indagini Ambientali

STRATIGRAFIA E DESCRIZIONE		Prof. (m)	Carotaggio (%)	SPT	Pocket (Mpa)	Vane test (kg/cm ²)	Granulometria
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30		30,0					
Argilliti grigio scure con inclusi livelli più marnosi, estremamente friabili							


**GEOLOGIA &
AMBIENTE S.n.c.**
Indagini Ambientali

 Via Panciatichi 11 - 51100 Pistoia - Tel./Fax 0573366497
 e mail geologiaeambiente@tiscali.it
GEOLOGIA & AMBIENTE snc
 di Naselli Gino & C.
 Via Panciatichi 11 - 51100 PISTOIA
 Tel. - Fax 0573 366497
 P.IVA 01427880479
 e mail: geologiaeambiente@tiscalinet.it

SONDAGGIO: S2**LUNGHEZZA (m): 20,0**

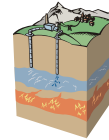
Tip. di perforazione: Carotaggio continuo a rotazione Diam: 101 mm

COMMITTENTE: CONSORZIO OMBRONE BISENZIO

CANTIERE: BACINO DELLA GIUDEA

LOCALITA': GELLO, PISTOIA

DATA INIZIO : 23/01/2007


**GEOLOGIA &
AMBIENTE S.n.c.**
Indagini Ambientali

STRATIGRAFIA E DESCRIZIONE		Prof. (m)	Carotaggio (%)	SPT	Pocket (Mpa)	Vane test (kg/cm ²)	Campioni indisturbati
1	Limo argilloso sabbioso marrone	1,5					
2	Limo argilloso marrone chiaro con resti vegetali	3,0					
3	Limo argilloso sabbioso marrone grigio debolmente cementato	5,0					
4	Limo argilloso marrone con livelli argillitici diagenizzati	10,0					
5	Argilliti grigio scure con inclusi livelli più marnosi, estremamente friabili	20,0					


**GEOLOGIA &
AMBIENTE S.n.c.**
Indagini Ambientali

 Via Panciatichi 11 - 51100 Pistoia - Tel./Fax 0573366497
 e mail geologiaeambiente@tiscali.it
GEOLOGIA & AMBIENTE snc
 di Naselli Gino & C.
 Via Panciatichi 11 - 51100 PISTOIA
 Tel. - Fax 0573 366497
 P.IVA 01427880479
 e mail: geologiaeambiente@tiscalinet.it

SONDAGGIO: S3**LUNGHEZZA (m): 20,0**

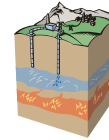
Tip. di perforazione: Carotaggio continuo a rotazione Diam: 101 mm

COMMITTENTE: CONSORZIO OMBRONE BISENZIO

CANTIERE: BACINO DELLA GIUDEA

LOCALITA': GELLO, PISTOIA

DATA : 08/02/2007


**GEOLOGIA &
AMBIENTE S.n.c.**
Indagini Ambientali

STRATIGRAFIA E DESCRIZIONE		Prof. (m)	Carotaggio (%)	SPT	Pocket (Mpa)	Vane test (kg/cm ²)	Campioni indisturbati
1	Terreno vegetale	1,0					
2	Limo sabbioso compatto ocre con clasti arenaceo-siltitici alterati	3,0					
3							
4							C1 3,6-4,0 m
5	Limo argilloso molto consistente grigio-marrone con sporadici inclusi litici siltitici-argillitici	7,3					
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							C2 11,3-11,7 m
13							
14	Argilliti grigio scure con inclusi livelli marnosi, estremamente friabili						
15							
16							
17							
18							
19							
20		20,0					


**GEOLOGIA &
AMBIENTE S.n.c.**
Indagini Ambientali

 Via Panciatichi 11 - 51100 Pistoia - Tel./Fax 0573366497
 e mail geologiaeambiente@tiscali.it
GEOLOGIA & AMBIENTE snc
 di Naselli Gino & C.
 Via Panciatichi 11 - 51100 PISTOIA
 Tel. - Fax 0573 366497
 P.IVA 01427880479
 e mail: geologiaeambiente@tiscalinet.it

SONDAGGIO: S4**LUNGHEZZA (m): 40,0**

Tip. di perforazione: Carotaggio continuo a rotazione Diam: 101 mm

COMMITTENTE: CONSORZIO OMBRONE BISENZIO

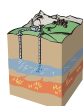
CANTIERE: BACINO DELLA GIUDEA

LOCALITA': GELLO, PISTOIA

DATA : 09/02/2007


**GEOLOGIA &
AMBIENTE S.n.c.**
Indagini Ambientali

STRATIGRAFIA E DESCRIZIONE		Prof. (m)	Carotaggio (%)	SPT	Pocket (Mpa)	Vane test (kg/cm ²)	Campioni indisturbati
1	Terreno vegetale	1,0					
2	Limo sabbioso compatto ocre con clasti arenaceo-siltitici alterati	4,3					
3							
4							
5	Limo argilloso molto consistente grigio-marrone con sporadici inclusi litici siltitici-argillitici	5,5					
6							
7	Argilliti grigio scure con inclusi livelli marnosi, estremamente friabili	20,0					
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							


**GEOLOGIA &
AMBIENTE S.n.c.**
Indagini Ambientali

 Via Panciatichi 11 - 51100 Pistoia - Tel./Fax 0573366497
 e mail geologiaeambiente@tiscali.it
GEOLOGIA & AMBIENTE snc
 di Naselli Gino & C.
 Via Panciatichi 11 - 51100 PISTOIA
 Tel. - Fax 0573 366497
 P.IVA 01427880479
 e mail: geologiaeambiente@tiscalinet.it

SONDAGGIO: S4**LUNGHEZZA (m): 40,0**

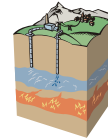
Tip. di perforazione: Carotaggio continuo a rotazione Diam: 101 mm

COMMITTENTE: CONSORZIO OMBRONE BISENZIO

CANTIERE: BACINO DELLA GIUDEA

LOCALITA': GELLO, PISTOIA

DATA : 09/02/2007


**GEOLOGIA &
AMBIENTE S.n.c.**
Indagini Ambientali

	STRATIGRAFIA E DESCRIZIONE	Prof. (m)	Carotaggio (%)	SPT	Pocket (Mpa)	Vane test (kg/cm ²)	Campioni indisturbati
	Argilliti grigio scure con inclusi livelli marnosi, estremamente friabili	40,0					


**GEOLOGIA &
AMBIENTE S.n.c.**
Indagini Ambientali

 Via Panciatichi 11 - 51100 Pistoia - Tel./Fax 0573366497
 e mail geologiaeambiente@tiscali.it
GEOLOGIA & AMBIENTE snc
 di Naselli Gino & C.
 Via Panciatichi 11 - 51100 PISTOIA
 Tel. - Fax 0573 366497
 P.IVA 01427880479
 e mail: geologiaeambiente@tiscalinet.it

SONDAGGIO: S5**LUNGHEZZA (m): 20,0**

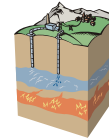
Tip. di perforazione: Carotaggio continuo a rotazione Diam: 101 mm

COMMITTENTE: CONSORZIO OMBRONE BISENZIO

CANTIERE: BACINO DELLA GIUDEA

LOCALITA': GELLO, PISTOIA

DATA : 12/02/2007


**GEOLOGIA &
AMBIENTE S.n.c.**
Indagini Ambientali

STRATIGRAFIA E DESCRIZIONE		Prof. (m)	Carotaggio (%)	SPT	Pocket (Mpa)	Vane test (kg/cm ²)	Campioni indisturbati
1	Terreno vegetale	1,0					
2	Limo sabbioso compatto ocra con clasti arenaceo-siltitici alterati	3,5					
3							
4							
5	Limo argilloso molto consistente grigio-marrone con sporadici inclusi litici siltitici-argillitici	5,6					
6							
7	Argilliti grigio scure con inclusi livelli marnosi, estremamente friabili	20,0					
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							


**GEOLOGIA &
AMBIENTE S.n.c.**
Indagini Ambientali

 Via Panciatichi 11 - 51100 Pistoia - Tel./Fax 0573366497
 e mail geologiaeambiente@tiscali.it
GEOLOGIA & AMBIENTE snc
 di Naselli Gino & C.
 Via Panciatichi 11 - 51100 PISTOIA
 Tel. - Fax 0573 366497
 P.IVA 01427880479
 e mail: geologiaeambiente@tiscalinet.it

Ministero dell'Ambiente
e della Tutela del Territorio


Autorità di Bacino del Fiume Arno



REGIONE TOSCANA
GIUNTA REGIONALE



Provincia di Pistoia



Comune di Pistoia

Opere strutturali di messa in sicurezza idraulica ed
approvvigionamento idropotabile in località Gello
e Laghi Primavera

PROGETTO ESECUTIVO

INVASO GIUDEA IN LOCALITA' GELLO

Adempimento prescrizioni lettera S.N.D. Prot.SDI/ 7860 del 16 Dicembre 1996 e verifiche dinamiche

R.U.P.

Dott. Lorenzo Cecchi de' Rossi

Via Traversa della Vergine, 81 51100 Pistoia (PT)

PROGETTO:

Consorzio di Bonifica Ombrone P.se - Bisenzio

AREA GESTIONE DEL TERRITORIO

Via Traversa della Vergine, 81
51100 Pistoia



GRUPPO DI LAVORO (Decreto del Direttore n° 255 del 18.12.2006):

Ing. Stefano Burchielli : responsabile della progettazione

Ing. Nicola Giusti : progettista

Ing. jr. Matteo Vaccai: progettista

Geom. Stefania Galardini : procedure espropriative

Rag. Giovanna Vassallo : supporto amministrativo

Arch. Riccardo Luca Breschi: studio urbanistico e di inserimento ambientale

Università degli Studi di Firenze - Facoltà di ingegneria
Dipartimento ingegneria Civile: Impatto ambientale
coordinatore attività: prof. Ing. Enio Paris

Arch. Olga Agostini: inquadramento urbanistico e proposta di
modifica degli strumenti vigenti

Geom. Stefano Loli: rilievi topografici

D.R.E.A.M. Italia S.c.r.l. : aspetti geologici

Geologia e Ambiente S.n.C. : indagini geognostiche

GEOTECNALab S.r.l.: prove geotecniche di laboratorio

Ing. Giancarlo Caroli: progettazione opere idrauliche

Interstudio Firenze S.r.l. : ingegnerizzazione attività di scavo,
selezione e trasporto materiale interte

R.T.I. Interstudio Firenze S.r.l. - Geotecnica Progetti S.r.l. :
Invaso Giudea in località Gello - Aggiornamento del progetto per
il ripristino funzionale, per l'aumento della capacità e per
l'adeguamento al D.M. 24.03.1982 n° 44 e delle verifiche
sismiche (Progettisti: ingg. Giuseppe Baldovin, Ezio Baldovin -
D.L.: ing. Sergio Rizzo)

RELAZIONE GEOLOGICA
All.-Risultati della prova Down-hole nel foro S1/2007
(SO.IN.G.,2007)

COD.

C.3

DATA Luglio 2007

Redatto da: R.T.I. Interstudio - Geotecnica Progetti

Progettisti: Ingg. G. Baldovin, E. Baldovin

3530EAD085-C3-Down-hole

Committente:

GEOLOGIA e AMBIENTE s.n.c.

Cliente:

CONSORZIO OMBRONE BISENZIO

Indagini sismiche down-hole

Sito: Bacino della Giudea - Località Gello - Pistoia

RELAZIONE TECNICA

Ns. Rif.: COM 005/07-OFF_004/07_Geologia e Ambiente_R01

REV	DATA	REDAZIONE	REVISIONE	APPROVAZIONE	DESCRIZIONE
Ø	31/01/07	Dott. Giacomo Luciani	Geol. Enrico Benvenuti	Ing. Paolo Chiara	Emissione

INDICE

1. PREMESSA.....	1
2. SCOPO DEL LAVORO	1
3. INDAGINI SISMICHE DOWN-HOLE (DOWN-HOLE TEST, DHT).	2
3.1 Introduzione.....	2
3.2 Down-hole Test (DHT).....	2
3.2.1 <u>Premessa</u>	2
3.2.2 <u>Metodologia di misura, strumentazione e piattaforma software impiegati</u>	3
3.2.3 <u>Principi teorici</u>	3
3.3 Risultati delle prove sismiche	5
3.3.1 <u>Introduzione</u>	5
3.3.2 <u>Prova Down-hole</u>	5
4. BIBLIOGRAFIA.....	7

INDICE ALLEGATI

- ALLEGATO 1 – *Indagini geofisiche: misure sismiche*

1. PREMESSA

Secondo le modalità previste nell'offerta "004_07_Geo-Amb-Pistoia_rev00" la scrivente SO.IN.G. Strutture e Ambiente S.r.l. ha ricevuto dalla ditta Geologia e Ambiente s.n.c. l'incarico di condurre la caratterizzazione geofisica con metodologie sismiche down-hole sui terreni in corrispondenza del Bacino della Giudea, in Loc. Gello nel Comune di Pistoia (PT).

I contenuti del presente documento si basano quindi sui risultati emersi dalle attività di acquisizione dati svolte in sito il 26.01.2007. Nel particolare il presente documento si deve intendere basato sui risultati relativi alle seguenti azioni tecniche condotte;

1. Conduzione di prove geofisiche con metodologia sismica down-hole sul foro denominato S1 di profondità pari a 30m.

Tutte le operazioni condotte sono quindi state realizzate secondo gli standard qualitativi richiesti dalla Committenza.

2. SCOPO DEL LAVORO

Lo scopo delle indagini è quello di caratterizzare geodinamicamente i terreni nel sito di indagine. Nel particolare la Committenza ha richiesto il raggiungimento dei seguenti risultati:

- Caratterizzazione delle Velocità di propagazione delle Onde di Compressione e di Taglio delle porzioni di sottosuolo nell'intorno del sondaggio S1, alla base del Bacino idrico della Giudea, fino alla profondità utile del foro pari a 30m;
- caratterizzazione dei principali parametri dinamici relativi al terreno interessato dalla medesima perforazione geotecnica;
- valutazione del parametro Vs30.

3. INDAGINI SISMICHE DOWN-HOLE (DOWN-HOLE TEST, DHT).

3.1 Introduzione

Le indagini DHT sono state condotte con lo scopo di determinare le velocità di propagazione delle onde Vp-Vs e al fine di calcolare i valori dinamici medi relativi ai parametri geotecnici definiti rispettivamente come coefficiente di Poisson, modulo di Young, di Taglio e Compressibilità delle porzioni di terreno indagate. La prova down-hole permette la descrizione del profilo di velocità delle Onde SH lungo i fori di sondaggio, consentendo pertanto di fornire, per fori di lunghezza pari a 30m, le informazioni necessarie al calcolo del parametro Vs30, come stabilito dalla normativa tecnica in materia di progettazione antisismica contenuta nell'Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 2003.

3.2 Down-hole Test (DHT)

3.2.1 Premessa

La prova sismica DHT è un metodo di indagine sismica finalizzato alla determinazione dei profili di velocità delle onde di taglio SH e di compressione P di depositi di terreno.

I profili di velocità ottenuti dalle misure DHT rappresentano valori di velocità medi sullo spessore degli strati poiché sono calcolati lungo percorsi dei raggi sismici inclinati.

L'importante particolarità di tale metodo è quella di studiare i parametri di stato e di comportamento riferendoli a volumi di terreno rappresentativi dei caratteri megastrutturali dei depositi attraverso misure capaci di dare valori medi e non puntuali dei parametri geotecnici dei geomateriali.

Caratteristica essenziale del metodo sismico utilizzato è quella di consentire la determinazione dei parametri di deformabilità riferendoli a valori molto bassi dei livelli di deformazione ($<10^{-5}m$), al di sotto della soglia di deformazione lineare ciclica.

Per l'interpretazione dei dati è stata usata la tecnica "pseudo-interval", che rappresenta un metodo per intervalli nel quale la velocità delle onde P e SH è calcolata come rapporto tra la distanza di due successive posizioni di ricevitori triassiali e la differenza tra i corrispondenti tempi di percorrenza acquisita su posizioni consecutive dei sensori alle diverse quote di spostamento lungo il foro. Nel nostro caso le misurazioni sono state eseguite ogni metro.

I parametri calcolabili con l'ausilio del metodo DHT sono:

- il Coefficiente di Poisson dinamico,
- il modulo di elasticità dinamico (o di Young),
- il modulo di taglio dinamico (o modulo di rigidità),
- il Bulk modulus (modulo di incompressibilità) e pertanto

- il modulo di compressibilità dinamico.

Le prove sono state eseguite secondo le istruzioni tecniche e le modalità esecutive contenute nelle Istruzioni tecniche fornite dalla Committenza.

I valori dinamici calcolati con tali tecniche possono risultare differenti dai valori provenienti da prove di tipo statico puntuali (normalmente anche di un ordine di grandezza), specie in tipologie di materiali quali quelli in oggetto.

3.2.2 Metodologia di misura, strumentazione e piattaforma software impiegati

La sorgente del segnale sismico per onde SH è costituita da una barra in legno di circa 2m di lunghezza con una carico verticale applicato di circa 750 Kg. Lo sforzo di taglio è trasmesso colpendo orizzontalmente con una massa battente la barra, alternativamente sui due lati (con lo scopo di trasmettere impulsi a polarità invertite). Lo sforzo di compressione è invece trasmesso attraverso una massa battente verticale su di una piastra in alluminio; i sistemi di energizzazione sono stati posizionati a 1.2m dalla boccaforo. I ricevitori, all'interno del foro di sondaggio, sono stati posti in modo tale che la velocità di propagazione delle onde di volume caratteristica dei vari strati di terreno potesse essere misurata ogni metro.

Spostando i ricevitori (geofoni triassiali solidali da foro) a diverse profondità è possibile ottenere un dettagliato profilo di velocità delle onde SH e P.

L'accoppiamento meccanico tra le pareti del "casing" del foro e i ricevitori all'interno del foro stesso, nell'indagine in oggetto, è stato reso possibile con appositi sistemi di ancoraggio pneumatico.

I ricevitori utilizzati sono costituiti da un sistema tridimensionale composto da tre geofoni, a frequenza propria di 10Hz, della Geospace (USA), orientati nelle tre dimensioni dello spazio.

Il sismografo utilizzato per le misure sismiche è un SUMMIT Compact™, uno strumento della DMT (Germania) con convertitore analogico digitale a 24bit.

I dati sono stati processati su una piattaforma Windows Xp Professional usando il pacchetto software Reflex™ (Germania).

3.2.3 Principi teorici

Per la determinazione dei moduli dinamici a partire dalla distribuzione di velocità delle onde di compressione P e di taglio SH, occorre assumere che il geomateriale indagato sia un mezzo omogeneo, elastico ed isotropo. Nel nostro caso, come per la maggior parte, tale assunzione risulta un'approssimazione.

In ogni caso, facendo riferimento alle supposizioni introdotte, è possibile risalire al coefficiente di Poisson (in tale contesto denominato con σ , in altri comunemente definito con ν), tramite la seguente relazione \diamond

$$\sigma = \frac{\left(\frac{V_P}{V_S}\right)^2 - 2}{2\left[\left(\frac{V_P}{V_S}\right)^2 - 1\right]} \quad \diamond$$

e al modulo di Young tramite la \diamond

$$E = \frac{(1-2\sigma)(1+\sigma)}{(1-\sigma)} \rho V_P^2 \quad \diamond$$

I valori dinamici calcolati con tali tecniche possono risultare differenti dai valori provenienti da prove di tipo statico puntuali (normalmente anche di un ordine di grandezza), specie in tipologie di materiali quali quelli in oggetto.

Sono inoltre esprimibili come funzioni dalle costanti elastiche dinamiche E e σ la compressibilità β e di conseguenza il *Bulk modulus* ($k = 1/\beta$ (Milton B. et alii, 1988), cioè come relazione tra le costanti di dilatazione cubica, risultanti dalla combinazione degli sforzi lineari di compressione e di taglio in dipendenza delle relative costanti:

$$k = \frac{E}{3(1-2\sigma)}$$

e il modulo di rigidità o di taglio μ (altrimenti indicato con la lettera G) :

$$\mu = \frac{E}{2(1+\sigma)}$$

\diamond Milton B. Dobrin, Carl H. Savit, 1988, Introduction to Geophysical Prospecting, fourth Edition, McGraw-Hill International Editions e R.E. Goodman, 1989, Introduction to Rock Mechanics, second Edition, John Wiley & Sons

\diamond Milton B. Dobrin, Carl H. Savit, 1988, Introduction to Geophysical Prospecting, fourth Edition, McGraw-Hill International Editions e R.E. Goodman, 1989, Introduction to Rock Mechanics, second Edition, John Wiley & Sons

3.3 Risultati delle prove sismiche

3.3.1 Introduzione

La prova Down-Hole è stata condotta sul foro geotecnico S1 posto alla base della Giudea, nel Comune di Pistoia, in Loc. Gello. Di tale foro S1, eseguito a carotaggio, la stratigrafia essenziale è consultabile negli elaborati forniti dalla Geologia e Ambiente s.n.c..

La profondità disponibile nel foro ai fini dell'esecuzione della prova è stata pari a 30m.

I Risultati completi della prova e l'interpretazione degli stessi, sono reperibili nell'Allegato 1, alle Tavole 1, 2 e 3.

Nelle tavole e nei grafici relativi sono riportati, alle diverse profondità nel sottosuolo indagato, i valori delle velocità delle onde P ed S, i valori del Coefficiente di Poisson (qui indicato col simbolo σ), del Modulo di Young dinamico (E), del Modulo di Rigidità o di Taglio (μ) e la Compressibilità β calcolati così come descritto nel §3.2.3. Nella Tavola 2 sono inoltre state schematizzate le velocità intervallari medie per la lunghezza del foro indagato e i sismogrammi assemblati delle Onde P e SH secondo l'interpretazione corretta per tempi verticali; nella Tavola 3 sono rappresentate le dromocrone relative ai sismogrammi assemblati delle onde P e SH corrette per tempi verticali.

È stato possibile produrre misure efficaci fino a -1m dal piano campagna.

I valori del modulo di elasticità (o di Young) E si riferiscono ad un modulo cosiddetto "dinamico", e sono stati ottenuti facendo riferimento ad un valore medio di densità per le formazioni attraversate così comprese:

Foro S1:

- tra 0m e 6m di profondità da boccaforo è stato utilizzato un valore medio di densità pari a 1900 kg/m³; tra -7m e -18m da boccaforo, pari a 2200 kg/m³; tra -19m e -30m, pari a 2300 kg/m³.

I valori di densità utilizzati scaturiscono da dati di letteratura su medesimi materiali e dall'esperienza della scrivente su valori di campioni reperiti in zona e messi a disposizione dalla Committente.

Come già riferito nei precedenti paragrafi, la prova sismica Down-hole è stata condotta eseguendo le misure lungo il foro di sondaggio, con una frequenza pari ad una lettura ogni 1 metro.

3.3.2 Prova Down-hole

L'analisi dei campi di velocità delle onde di compressione P, (Tavole 1, 2 e 3, Allegato1), delinea valori compresi tra circa 600 m/s e 2980 m/s; i valori delle onde di taglio SH variano in un rango compreso tra circa 250 m/s e 890 m/s.

Foro S1

Si individuano 3 intervalli di velocità medie intervallari a partire dalla quota a -30m dal p.c. fino alla quota -1m dalla boccaforo. Tali intervalli sono caratterizzati dalle seguenti profondità e velocità delle onde P e SH medie:

- Per i terreni compresi tra -30m e -19m, il valore medio di velocità intervallare delle onde P (V_p) è di 2774 m/s, quello delle onde SH (V_s) è di 800 m/s;
- tra -18m e -7m circa, il valore medio di velocità delle onde P (V_p) è di 2511 m/s, quello delle onde SH (V_s) è di 523 m/s;
- tra -6m e -1m circa, il valore medio di velocità delle onde P (V_p) è di 926 m/s, quello delle onde SH (V_s) è di 282 m/s;

I valori medi dei moduli dinamici calcolati con la metodologia Down-hole, (Allegato 1, Tavola 1), permettono di osservare una buona corrispondenza tra l'andamento di questi ultimi e la distribuzione stratigrafica dei materiali ricostruita per mezzo delle carote recuperate dal sondaggio S1 e consultabili negli allegati Geologia e Ambiente s.n.c..

Il parametro V_{s30} , introdotto dalla normativa tecnica in materia di progettazione antisismica "D.P.C.M. n° 3274/2003", calcolato rispetto ai valori medi delle velocità di intervallo al di sotto del piano campagna, è ottenuto mediante l'espressione

$$V_{s30} = 30 \frac{1}{\sum_1^N \frac{h_i}{V_i}}$$

Il valore calcolato del parametro V_{s30} è pari a 506m/s, riconducibile ad un suolo di tipo B.

SO.IN.G. Strutture e Ambiente S.r.l.

Livorno, 31.01.2007

4. BIBLIOGRAFIA

COFFEEN, J.A., 1978. "Seismic exploration fundamentals". Pubb. Co.

DOBRIN, M.B., 1976. "Introduction to Geophysical prospecting". McGraw-Hill Book Co.

GOODMAN R.E., (1989). "Introduction to Rock Mechanics", second Edition, John Wiley & Sons.

MILTON B. DOBRIN, CARL H. SAVIT, (1998). "Introduction to Geophysical Prospecting", fourth Edition, McGraw-Hill International Editions.

NOLET, G., 1987. "Seismic wave propagation and seismic tomography". In Seismic Tomography. G.Nolet (ed.), 1-23. D.Reidel Pub. Co.

TELFORD, W.M., GELDART, P.P, SHERIFF, R.E., KEYS, D.A., 1976: "Applied Geophysics". Cambridge University Press.

YILMAZ, O., 1988. "Seismic data processing". SEG, Society of Exploration Geophysicists.

ALLEGATO 1

Indagini geofisiche: misure sismiche

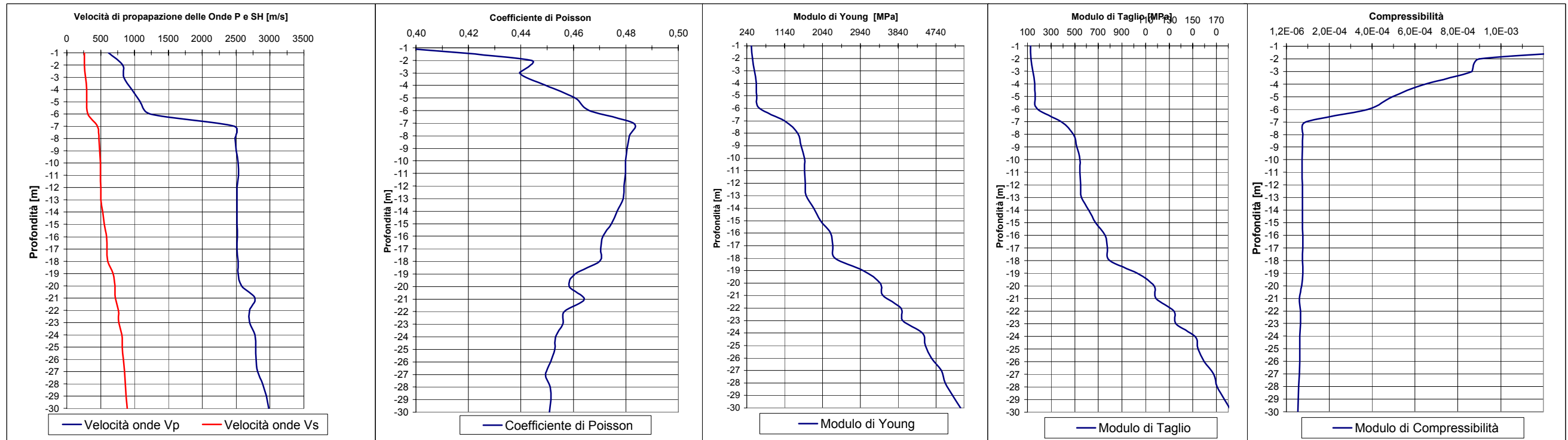
Cantiere: Geologia e Ambiente Snc - Consorzio Ombrone Bisenzio - Loc. Gello Pistoia (PT)

Data misure: 26/01/2007
TAVOLA 1

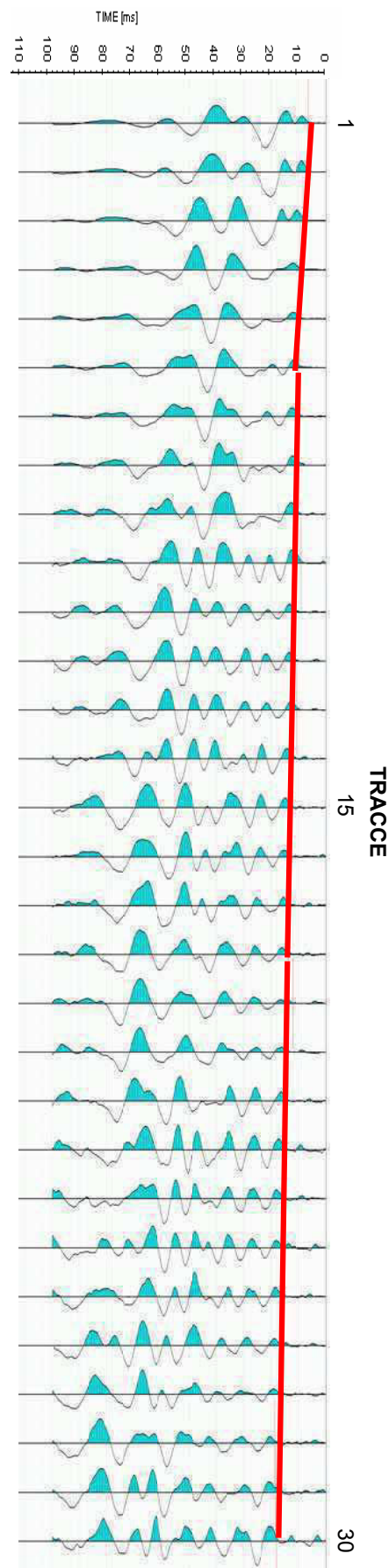
FORO S 1

Lunghezza utile per 30m

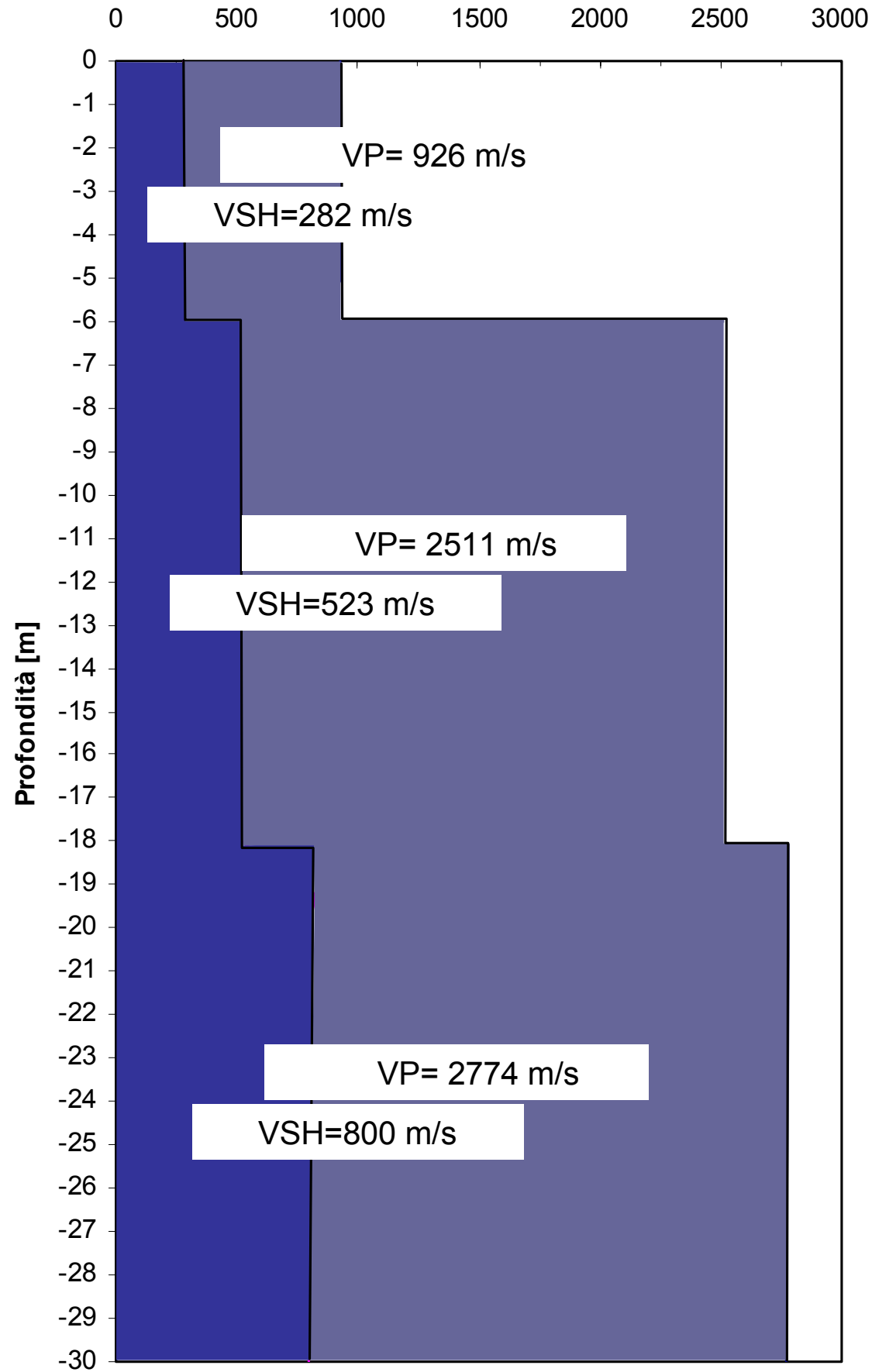
Profondità [m]	Distanza Δx [m]	tempi [s] Vp	tempi [s] Vs	Densità [kg/m3]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	(Vp/Vs) ²	Poisson (σ)	Young [MPa] (E)	Taglio [MPa] (μ)	Bulk Modulus [MPa] (κ)	Compressibilità (1/κ)
-30	1	0.016190000	0.0571400	2300	2983	892	11,18	0,45	5314	1831	18029	0,000055
-29	1	0.015855000	0.0560200	2300	2948	877	11,31	0,45	5131	1768	17632	0,000057
-28	1	0.015516000	0.0548800	2300	2888	861	11,24	0,45	4954	1707	16911	0,000059
-27	1	0.015170000	0.0537200	2300	2819	854	10,89	0,45	4864	1678	16039	0,000062
-26	1	0.014815500	0.0525500	2300	2795	833	11,27	0,45	4629	1595	15842	0,000063
-25	1	0.014458000	0.0513500	2300	2791	819	11,61	0,45	4483	1543	15859	0,000063
-24	1	0.014100000	0.0501300	2300	2775	812	11,67	0,45	4410	1518	15691	0,000064
-23	1	0.013740000	0.0489000	2300	2700	788	12,36	0,46	3949	1356	14959	0,000067
-22	1	0.013370000	0.0475990	2300	2699	763	12,51	0,46	3902	1339	14969	0,000067
-21	1	0.012999900	0.0462990	2300	2775	719	14,92	0,46	3477	1188	16131	0,000062
-20	1	0.012640000	0.0449000	2300	2577	713	13,05	0,46	3414	1170	13717	0,000073
-19	1	0.012282500	0.0463000	2300	2531	684	13,70	0,46	3006	1029	12723	0,000079
-18	1	0.011858000	0.0448400	2200	2528	601	17,66	0,47	2340	796	12993	0,000077
-17	1	0.011463000	0.0431800	2200	2514	594	17,91	0,47	2284	777	12872	0,000078
-16	1	0.011066000	0.0415000	2200	2520	587	18,43	0,47	2231	758	12960	0,000077
-15	1	0.010670000	0.0398000	2200	2513	554	20,56	0,47	1993	676	12991	0,000077
-14	1	0.010273000	0.0380000	2200	2512	530	22,43	0,48	1828	619	13057	0,000077
-13	1	0.009876000	0.0361200	2200	2511	503	24,87	0,48	1649	558	13126	0,000076
-12	1	0.009479000	0.0341400	2200	2509	501	25,13	0,48	1631	551	13118	0,000076
-11	1	0.009082000	0.0321500	2200	2533	498	25,90	0,48	1613	545	13389	0,000075
-10	1	0.008689000	0.0301500	2200	2531	497	25,90	0,48	1610	544	13362	0,000075
-9	1	0.008296000	0.0281500	2200	2502	484	26,66	0,48	1529	516	13079	0,000076
-8	1	0.007899000	0.0261000	2200	2484	472	27,70	0,48	1452	490	12923	0,000077
-7	1	0.007500000	0.0240000	2200	2471	449	30,25	0,48	1137	383	11088	0,000090
-6	1	0.007100000	0.0218000	1900	1230	310	15,70	0,47	536	183	2629	0,000380
-5	1	0.006300000	0.0186300	1900	1084	293	13,69	0,46	477	163	2016	0,000496
-4	1	0.005400000	0.0153000	1900	961	291	10,89	0,45	467	161	1539	0,000650
-3	1	0.004400000	0.0120000	1900	842	276	9,27	0,44	418	145	1153	0,000867
-2	1	0.003300000	0.0086500	1900	822	261	9,92	0,44	374	129	1111	0,000900
-1	1	0.002300000	0.0055000	1900	615	257	5,72	0,39	350	126	551	0,001815



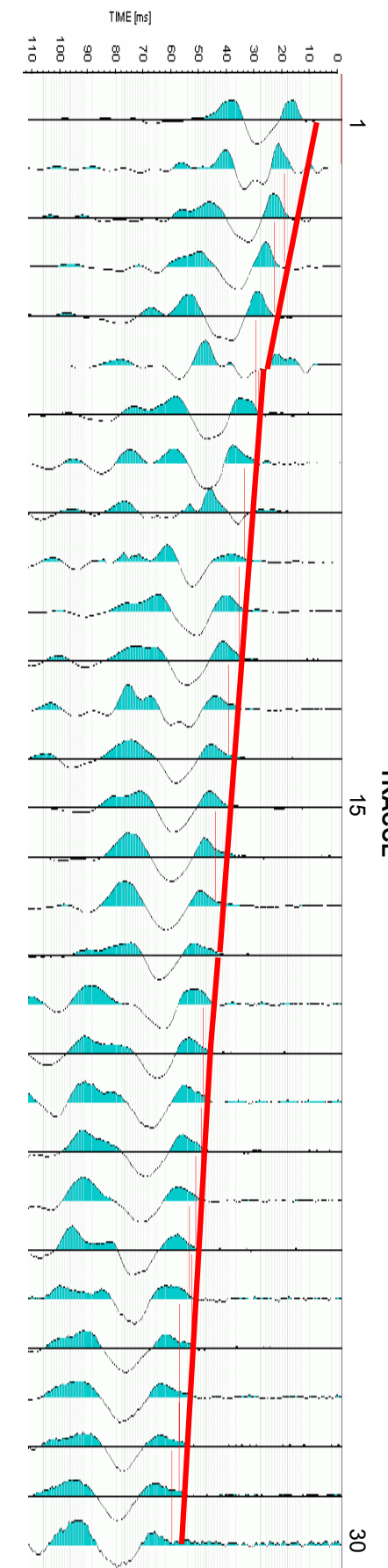
Onde P – Interpretazione



Velocità Intervallari medie – [m/s]



Onde SH – Interpretazione



SO.IN.G. Strutture e Ambiente srl
Via Aiaccia 16° - 57017 Livorno
www.soing.it



PROGETTO

TEST DI CARATTERIZZAZIONE DEL SOTTOSUOLO CON METODOLOGIE SISMICHE DOWN HOLE

SITO

CONSORZIO OMBRONE BISENZIO
Loc. GELLO (PISTOIA)
BACINO DELLA GIUDEA

CLIENTE

CONSORZIO OMBRONE BISENZIO

COMMITTENTE

Geologia e Ambiente s.n.c.

RIFERIMENTI INTERNI

COMM005_07 – OFF.004/07

OGGETTO

Indagini sismiche Down-hole (DH)

Sismogrammi Onde P e SH
Interpretazione Tempi Verticali

Interpretazione e
Rappresentazione Velocità
intervallari medie

Pag. 2 di 3

TAVOLA 2

EMISSIONE	DATA	31/01/2007
-----------	------	------------

ELABORAZIONE	G. LUCIANI
VERIFICA	E. BENVENUTI
APPROVAZIONE	P. CHIARA

REVISIONE	N°	00
-----------	----	----

PROGETTO

TEST DI CARATTERIZZAZIONE DEL
SOTTOSUOLO CON METODOLOGIE
SISMICHE DOWN HOLE

SITO

CONSORZIO OMBRONE BISENZIO
Loc. GELLO (PISTOIA)
BACINO DELLA GIUDEA

CLIENTE

CONSORZIO OMBRONE BISENZIO

COMMITTENTE

Geologia e Ambiente s.n.c.

RIFERIMENTI INTERNI

COMM005_07 – OFF.004/07

OGGETTO

Indagini sismiche Down-hole (DH)

Dromocrone Onde P e SH
Interpretazione Tempi Verticali

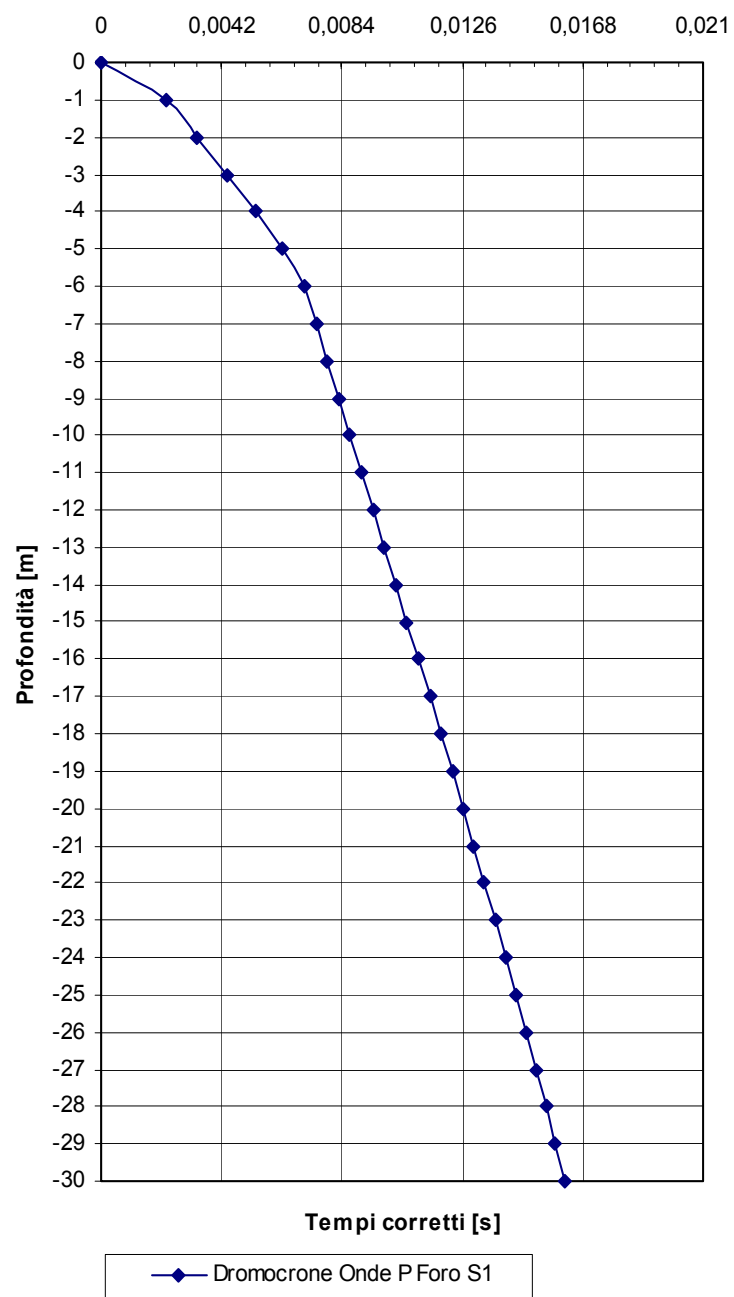
Interpretazione e
Rappresentazione Velocità
intervallari medie

Pag. 3 di 3

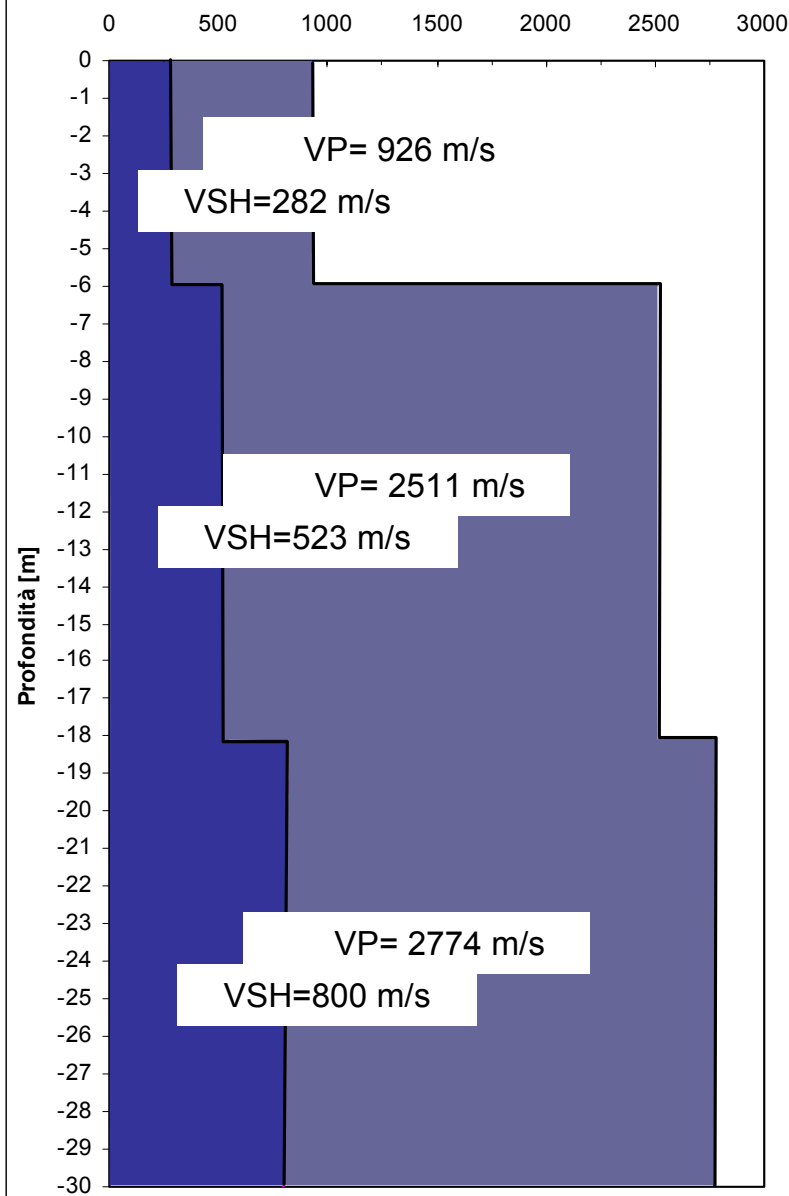
TAVOLA 3

EMISSIONE	DATA	31/01/2007
ELABORAZIONE		G. LUCIANI
VERIFICA		E. BENVENUTI
APPROVAZIONE		P. CHIARA
REVISIONE	N°	00

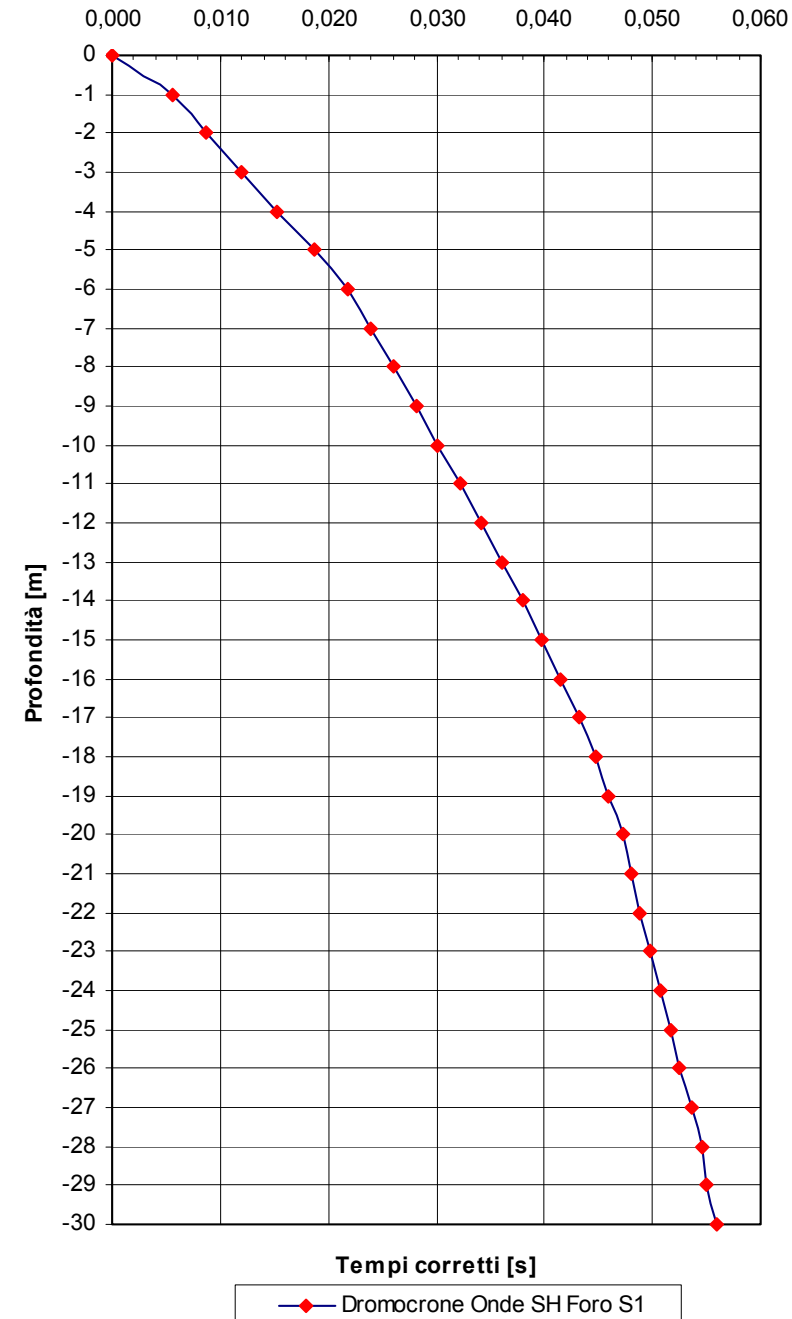
Onde P – Interpretazione



Velocità Intervallari medie – [m/s]



Onde SH – Interpretazione



Ministero dell'Ambiente
e della Tutela del Territorio


Autorità di Bacino del Fiume Arno



REGIONE TOSCANA
GIUNTA REGIONALE



Provincia di Pistoia



Comune di Pistoia

Opere strutturali di messa in sicurezza idraulica ed
approvvigionamento idropotabile in località Gello
e Laghi Primavera

PROGETTO ESECUTIVO

INVASO GIUDEA IN LOCALITA' GELLO

Adempimento prescrizioni lettera S.N.D. Prot.SDI/ 7860 del 16 Dicembre 1996 e verifiche dinamiche

R.U.P.

Dott. Lorenzo Cecchi de' Rossi

Via Traversa della Vergine, 81 51100 Pistoia (PT)

PROGETTO:

Consorzio di Bonifica Ombrone P.se - Bisenzio

AREA GESTIONE DEL TERRITORIO

Via Traversa della Vergine, 81
51100 Pistoia



GRUPPO DI LAVORO (Decreto del Direttore n° 255 del 18.12.2006):

Ing. Stefano Burchielli : responsabile della progettazione

Ing. Nicola Giusti : progettista

Ing. jr. Matteo Vaccai: progettista

Geom. Stefania Galardini : procedure espropriative

Rag. Giovanna Vassallo : supporto amministrativo

Arch. Riccardo Luca Breschi: studio urbanistico e di inserimento ambientale

Università degli Studi di Firenze - Facoltà di ingegneria
Dipartimento ingegneria Civile: Impatto ambientale
coordinatore attività: prof. Ing. Enio Paris

Arch. Olga Agostini: inquadramento urbanistico e proposta di
modifica degli strumenti vigenti

Geom. Stefano Loli: rilievi topografici

D.R.E.A.M. Italia S.c.r.l. : aspetti geologici

Geologia e Ambiente S.n.C. : indagini geognostiche

GEOTECNALab S.r.l.: prove geotecniche di laboratorio

Ing. Giancarlo Caroli: progettazione opere idrauliche

Interstudio Firenze S.r.l. : ingegnerizzazione attività di scavo,
selezione e trasporto materiale interte

R.T.I. Interstudio Firenze S.r.l. - Geotecnica Progetti S.r.l. :
Invaso Giudea in località Gello - Aggiornamento del progetto per
il ripristino funzionale, per l'aumento della capacità e per
l'adeguamento al D.M. 24.03.1982 n° 44 e delle verifiche
sismiche (Progettisti: ingg. Giuseppe Baldovin, Ezio Baldovin -
D.L.: ing. Sergio Rizzo)

RELAZIONE GEOLOGICA

All.-Risultati delle indagini sismiche a rifrazione
eseguite lungo il tracciato della nuova galleria di
scarico in progetto (D.R.E.A.M.,2007)

COD.

C.4

DATA Luglio 2007

Redatto da: R.T.I. Interstudio - Geotecnica Progetti

Progettisti: Ingg. G. Baldovin, E. Baldovin

3530EAD086-C4-Ind_sism

D.R.E.A.M. Italia S.c.r.l.

Via Enrico Bindi, 14 – 51100 Pistoia

Tel. 0573/365967 – Fax 0573/34714 – bizzarri@dream-italia.it

1. Premessa

La presente nota illustra gli esiti di una campagna sismica a rifrazione eseguita in asse al canale di scarico che dovrà essere realizzato in località Gello, nel Comune di Pistoia, presso il Bacino della Giudea.

Scopo del lavoro è la valutazione della posizione, nel sottosuolo, di rifrattori sismici al fine di fornire una ricostruzione stratigrafica, montata su una sezione ricavata da apposito rilievo topografico di dettaglio, in corrispondenza delle opere in progetto.

Su tale allineamento sono posizionati sondaggi a carotaggio continuo che ci hanno permesso una migliore interpretazione dei risultati e, soprattutto, una più accurata determinazione dei litotipi presenti nel sottosuolo.

2. Principi

La sismica attiva utilizza le onde sismiche (sonore), la cui propagazione dipende dalle caratteristiche elastiche del mezzo e quindi i principi di tale metodologia si fondano sulla teoria dell'elasticità. Le onde sismiche (sonore) viaggiano nel sottosuolo a diverse velocità attraverso i diversi litotipi e subiscono sulle superfici di discontinuità geologica i fenomeni della riflessione, rifrazione e diffrazione. A seconda che si utilizzino le onde riflesse o le onde rifratte (che subiscono solo rifrazioni secondo l'angolo critico) si hanno i due metodi di prospezione sismica: quello a riflessione e quello a rifrazione.

Tutte le metodologie della sismica si basano sulla tecnica di generare onde sismiche in un punto del terreno (tramite piccole cariche esplosive, un apposito fucile esploditore, una mazza battente, etc.) e di rilevarne l'arrivo, mediante sensori (geofoni), in altri punti. Attraverso lo studio dei tempi di percorso e quindi delle velocità si può risalire alla disposizione geometrica e alle caratteristiche meccanico-elastiche dei litotipi presenti al di sotto della zona di indagine.

Un'onda può essere definita come un disturbo elastico che si propaga da punto a punto attraverso un materiale, o sulla sua superficie senza che ciò implichi uno spostamento definitivo di materiale. Tranne che nelle immediate vicinanze di una sorgente sismica naturale, solitamente una faglia, le rocce tornano nella posizione di partenza, dopo il passaggio dei moti transienti prodotti dalla stessa sorgente. Vibrazioni di questo tipo producono piccole deformazioni elastiche, in risposta alle forze agenti all'interno delle rocce (stress). La teoria dell'elasticità lineare fornisce le relazioni matematiche per descrivere, mediante deformazioni e stress, il moto del materiale (chiamato di solito impropriamente suolo o terreno) causato da una sorgente sismica. Applicate le giuste condizioni al contorno tale moto è descrivibile attraverso funzioni oscillanti del tempo (onde).

Nello studio di un mezzo solido un concetto estremamente utile è quello di continuo; la materia è descritta come una quantità distribuita continuamente nello spazio ed omogeneamente lungo le tre dimensioni. La sismologia considera inoltre fenomeni che producono deformazioni piccole avvenute in piccoli periodi di tempo (nel caso specifico pochi millisecondi). In questo modo è possibile applicare, per la descrizione dei nostri fenomeni, la teoria della deformazione infinitesima.

3. Programma di calcolo utilizzato

InterSism è un programma che permette di eseguire l'intero processo di elaborazione di una sezione sismica utilizzando il metodo della rifrazione. Il programma è in grado di eseguire ogni fase

D.R.E.A.M. S.C.R.L.

Via Enrico Bindi, 14 – 51100 Pistoia

Tel. 0573 365967 Fax 0573 34714

dell'elaborazione in modo completamente automatico, pur lasciando la possibilità di intervenire manualmente per garantire un completo controllo del processo di calcolo.

Il programma InterSism estrae i dati di campagna direttamente da file in formato compatibile oppure permette di inserire direttamente i valori dei Primi Arrivi, richiedendone l'eventuale completamento qualora alcune informazioni, ad esempio la posizione dei geofoni o degli spari, non fossero state memorizzate nello strumento.

La prima fase dell'elaborazione consiste nella determinazione dei Primi Arrivi; il programma utilizza in modo integrato diverse metodologie, dalla cross-correlation alla wavelet-analysis, reiterando il procedimento per raffinare i risultati ottenuti con continui controlli della compatibilità tra i tempi identificati e quelli derivati dall'interpolazione dei geofoni adiacenti. I Primi Arrivi possono quindi essere verificati ed eventualmente corretti manualmente operando direttamente sui segnali originali.

La seconda fase consiste nel calcolo delle dromocrone; InterSism può elaborare fino a nove spari, di cui tre interni allo stendimento, ed utilizza un procedimento di ricerca di minimo sviluppato in forma analitica che garantisce il riconoscimento delle dromocrone che in assoluto presentano il miglior coefficiente di correlazione con i tempi di primo arrivo precedentemente determinati. E' importante sottolineare che per poter eseguire correttamente le successive fasi della elaborazione è indispensabile che gli spari effettuati alle estremità dello stendimento contengano segmenti di dromocrone relative a tutti gli strati attraversati.

Nella prima fase il programma lavora sulle singole dromocrone, nell'ipotesi che il numero di strati sia quello scelto dall'utente, e determina ogni possibile distribuzione dei punti di ginocchio; quindi confronta i risultati ottenuti per le diverse dromocrone al fine di identificare, fra tutte le possibili combinazioni di punti di ginocchio, quella che minimizza gli scarti quadratici medi delle velocità di ogni strato, riuscendo così ad assegnare i segmenti delle dromocrone ai rifrattori corretti.

Anche in questo caso è possibile intervenire manualmente sia in termini di numero di strati interessati da ciascuno sparo sia in termini di posizione dei punti di ginocchio.

Successivamente alla costruzione delle dromocrone ed alla determinazione della velocità di propagazione del segnale sismico nei diversi strati di terreno, InterSism passa all'applicazione del Metodo del Reciproco Generalizzato (GRM) per l'identificazione della geometria dei rifrattori: il programma utilizza una procedura automatizzata che, partendo da un valore di XY di tentativo pari a zero (con cui ottiene la funzione tempo-profondità convenzionale) e dalla profondità presunta (precedentemente calcolata al disotto di ciascun geofono), sperimenta diversi valori XY al fine di determinare la distanza XY ottimale, cioè la distanza per la quale i raggi diretti e inversi emergo in prossimità dello stesso punto sul rifrattore.

4. Analisi dei risultati

Le sezioni individuano uno spessore di terreno ad omogenee caratteristiche geofisiche, che in base al risultato delle indagini geognostiche attribuiamo costituito da una coltre detritica di origine eluvio colluviale posta a profondità variabili e comprese da poche decine di centimetri a qualche metro (vedi tabelle allegate all'interpretazione di ciascun stendimento).

A maggiori profondità vi è un livello, con caratteristiche geofisiche migliori, che si interpone tra i materiali di copertura e il substrato, prevalentemente argillitico.

Il sismografo utilizzato è un DOLANG DBS 270 TK a 12 canali con possibilità di incremento e sovrapposizione del segnale di energizzazione, realizzato con mazza battente, e frequenza di campionamento di 2.700 Hz.

La campagna geofisica a rifrazione si è composta di tre stendimenti ubicati (v. Figura in allegato) in asse al canale di scarico della diga indicato in campagna mediante picchetti in legno e, verso la diga, da una stretta fascia di terreno pulita dalla specie arboree ed arbustive.

Gli stendimenti denominati Gello 1, Gello 2 e Gello 3 partono dall'interno del bacino fino a raggiungere la fine del manufatto in progetto per una lunghezza di circa 240 m lineari.

Non ci è stato possibile avvicinarsi, come avremmo voluto, al margine del lago in quanto il terreno, completamente imbevuto di acqua, ci ha impedito di ottenere una efficace energizzazione sismica del suolo.

Nel primo stendimento (Gello 1) abbiamo utilizzato un interasse tra i punti di registrazione, geofoni, di 5 m con una distanza di scoppio, esterna allo stendimento, di 5 m, in andata e in ritorno. Nel secondo (Gello 2) e terzo stendimenti (Gello 3) la distanza intergeofonica è stata pari a 6 m con scoppi esterni ancora a distanza intergeofonica. In tutti gli stendimenti eseguiti si sono realizzati scoppi in posizioni mediane.

L'interpretazione dei risultati è stata effettuata analizzando ciascun treno d'onde, registrato da ogni geofono, misurando il tempo di primo arrivo dei fronti d'onda rifratti.

Nelle tabelle allegate sono riportati i principali dati che hanno permesso l'individuazione di una sezione sismica con individuati gli spessori di terreno caratterizzati da omogenee velocità delle onde sismiche rifratte.

Si è, inoltre, prodotta una sezione che compendia l'intero lavoro interpretativo.

Pistoia Marzo 2007

Dott. Geol. Andrea Bizzarri

Dott. Geol. Emilia Borelli

Dott. Geol. Paolo Tognelli

D.R.E.A.M. S.C.R.L.

Via Enrico Bindi, 14 – 51100 Pistoia

Tel. 0573 365967 Fax 0573 34714

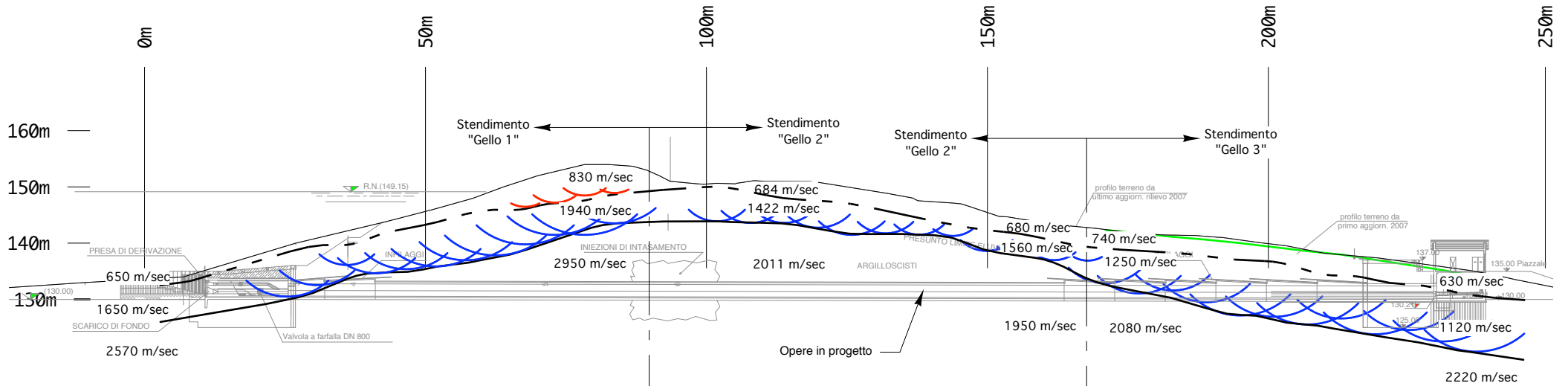
Grafici e tabelle relativi all'indagine sismica

D.R.E.A.M. ITALIA s.c.r.l.

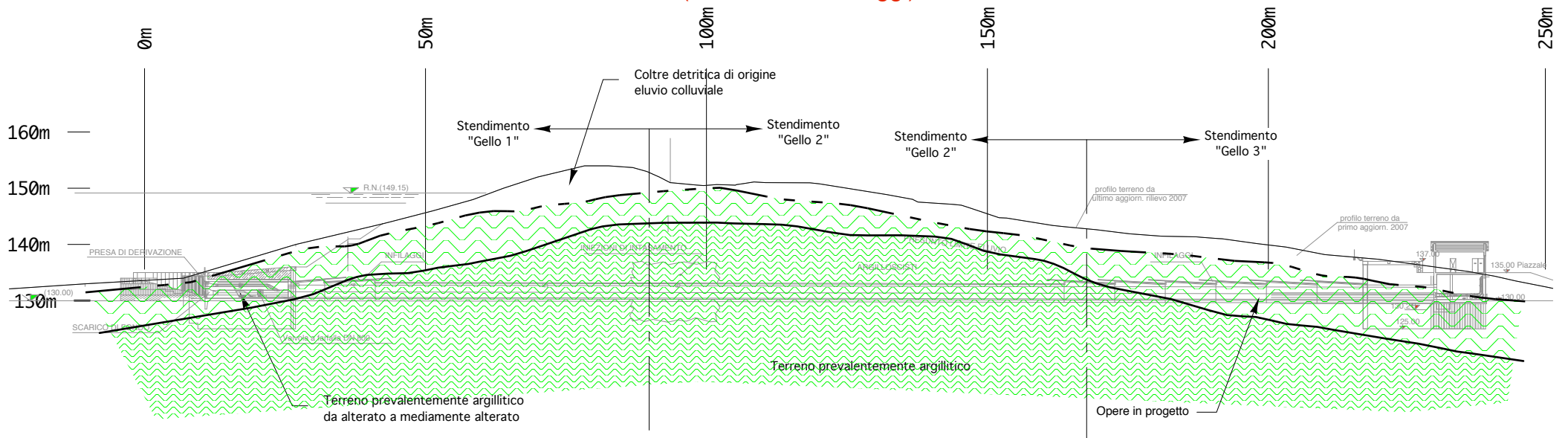
Via Enrico Bindi, 14 - 51100 Pistoia

Dott. Geol. Andrea Bizzarri

PROFONDITA' RIFRATTORI



INTERPRETAZIONE LITOLOGICA (ricavata da sondaggi)



ANALISI SISMICA A RIFRAZIONE

Cantiere: Sismica lungo il canale di sfioro
Località: Bacino della Giudea - Gello - Pistoia
Stendimento 1

POSIZIONE DEGLI SPARI

Ascissa [m]	Quota [m]	Nome File
0.00	-1.00	GELLO1_DOL_A.adt
325.00	5.00	GELLO1_DOL_C.cdt
65.00	55.00	GELLO1_DOL_R.rdt

POSIZIONE DEI GEOFONI E PRIMI ARRIVI

N.	Ascissa [m]	Quota [m]	FBP da 0 [ms]	FBP da 32.5 [ms]	FBP da 65 [ms]
1	5.00	1.40	4.44	20.72	33.30
2	10.00	2.60	8.44	18.13	32.56
3	15.00	3.80	13.25	16.28	31.45
4	20.00	5.00	14.21	25.16	28.86
5	25.00	6.30	15.91	14.80	27.38
6	30.00	7.60	18.50	8.51	24.79
7	35.00	9.10	20.72	8.14	22.94
8	40.00	11.00	22.94	23.68	19.98
9	45.00	12.50	24.79	18.87	18.50
10	50.00	13.90	27.01	22.20	15.91
11	55.00	15.10	28.49	26.64	12.14
12	60.00	14.90	29.60	38.48	4.96

DISTANZA DEI RIFRATTORI DAI GEOFONI

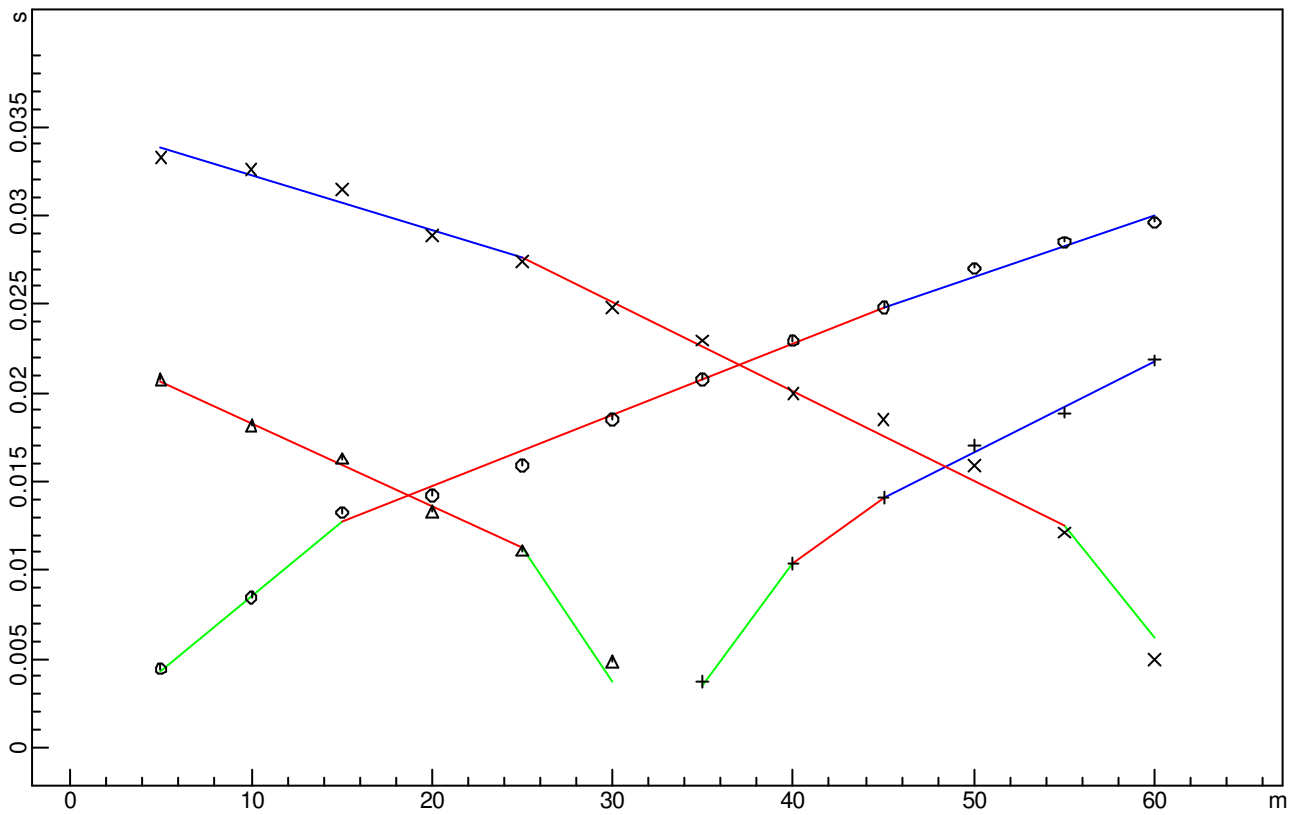
N. Geof.	Dist. Rifr. 1 [m]	Dist. Rifr. 2 [m]
1	0.7	5.9
2	1.5	5.6
3	2.6	4.4
4	1.9	8.5
5	1.9	10.6
6	2.2	10.2
7	2.8	11.1
8	3.1	14.7
9	4.2	14.2
10	5.1	14.0
11	5.4	14.9
12	4.8	13.2

VELOCITA' DEGLI STRATI

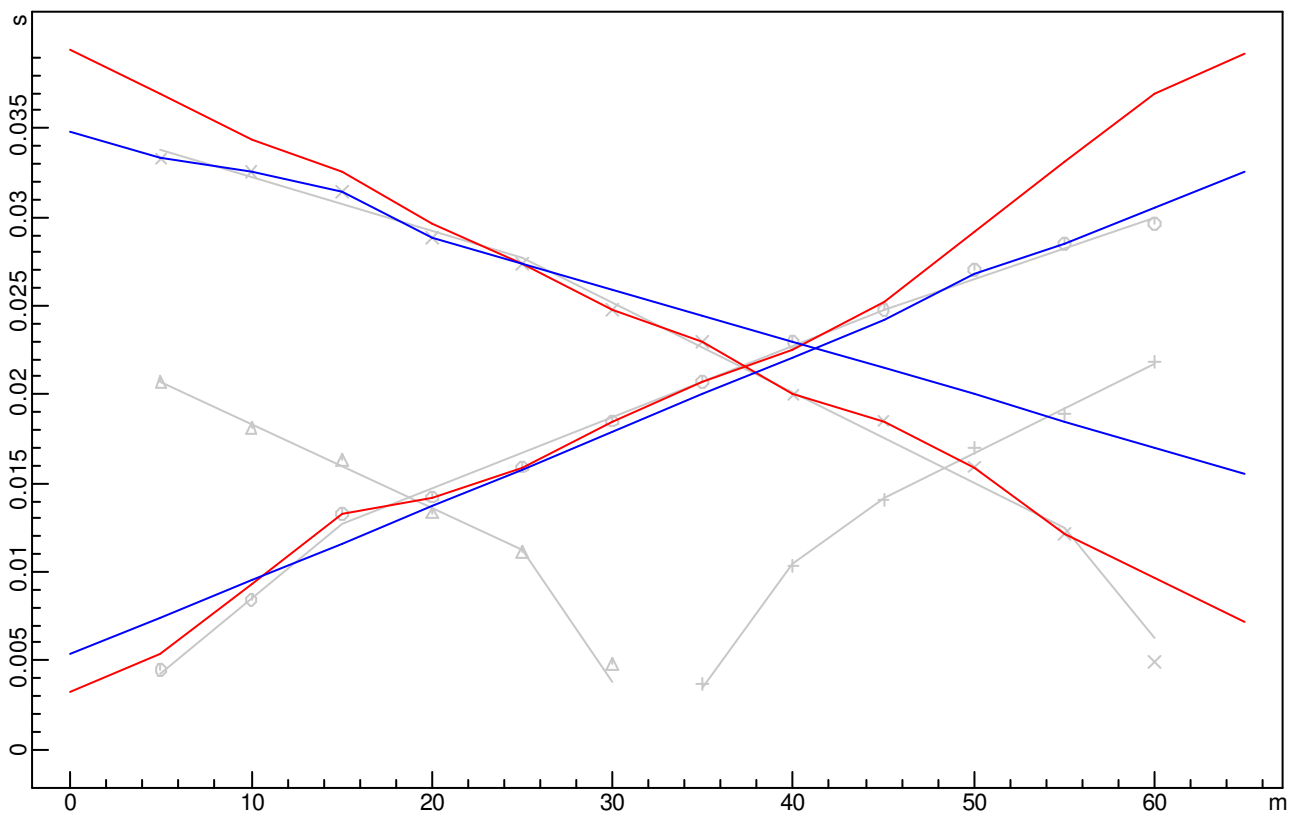
N. Strato	Velocità [m/s]
1	802.9
2	1942.3
3	2754.2

Cantiere: Sismica lungo il canale di sfioro
Località: Bacino della Giudea - Gello - Pistoia
Stendimento 1

DROMOCRONE ORIGINALI

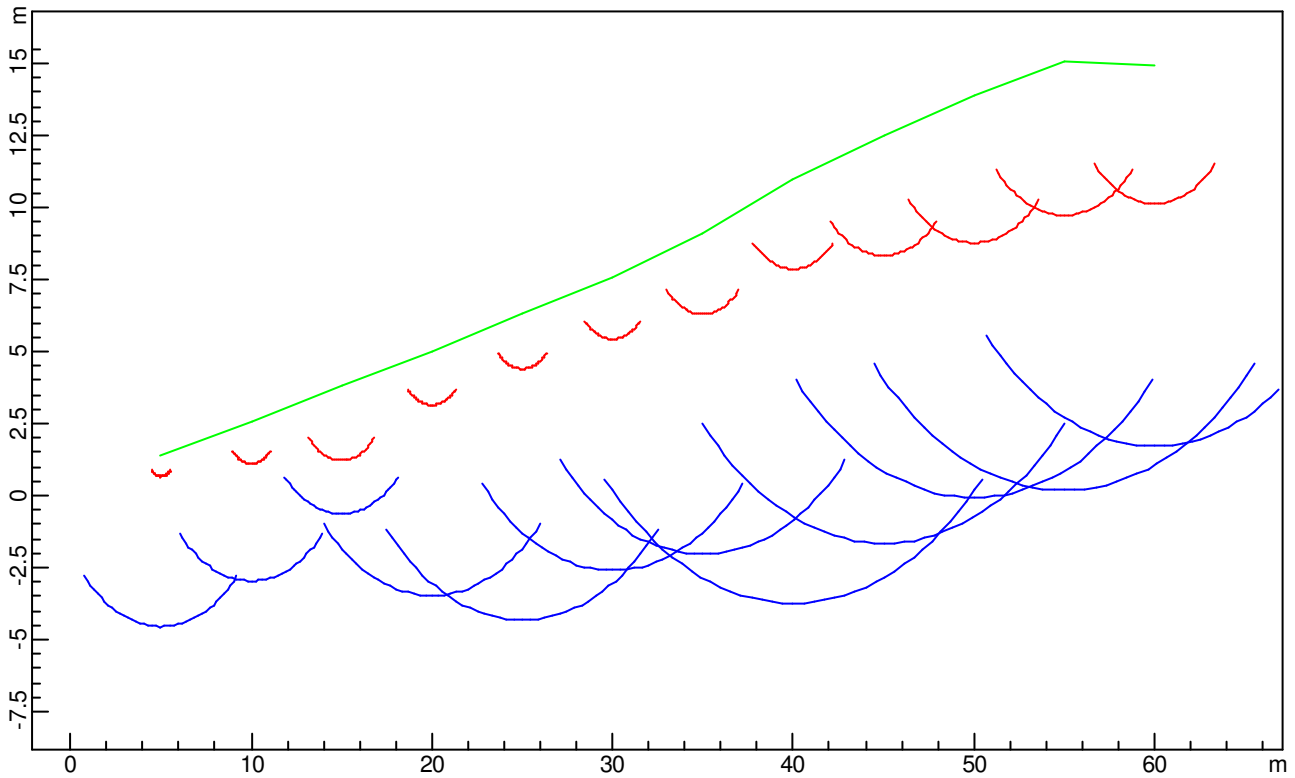


DROMOCRONE TRASLATE

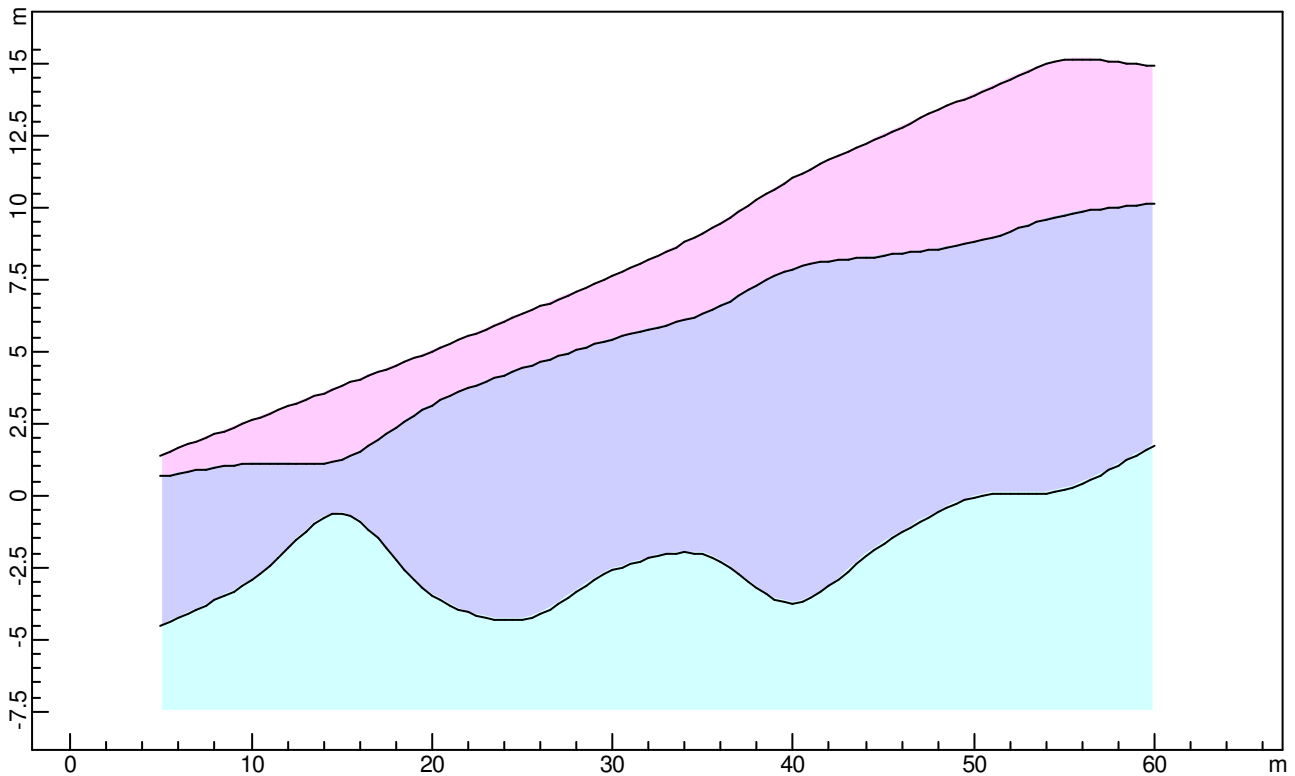


Cantiere: Sismica lungo il canale di sfioro
Località: Bacino della Giudea - Gello - Pistoia
Stendimento 1

PROFONDITA' RIFRATTORI



SEZIONE VERTICALE



802.9 m/s 1942.3 m/s 2754.2 m/s

ANALISI SISMICA A RIFRAZIONE

Cantiere: Sismica lungo il canale di sfioro
Località: Bacino della Giudea - Gello - Pistoia
Stendimento 2

POSIZIONE DEGLI SPARI

Ascissa [m]	Quota [m]	Nome File
0.00	0.00	GELLO2_DOL_A.adt
39.00	-3.00	GELLO2_DOL_C.cdt
78.00	-9.00	GELLO2_DOL_R.rdt

POSIZIONE DEI GEOFONI E PRIMI ARRIVI

N.	Ascissa [m]	Quota [m]	FBP da 0 [ms]	FBP da 39 [ms]	FBP da 78 [ms]
1	6.00	0.00	9.25	29.60	49.21
2	12.00	0.00	12.95	25.53	46.99
3	18.00	0.00	17.76	20.72	43.66
4	24.00	-0.20	19.98	18.13	40.96
5	30.00	-1.20	24.05	13.32	36.26
6	36.00	-2.20	26.64	8.66	33.67
7	42.00	-3.20	30.49	7.40	31.08
8	48.00	-4.00	33.30	14.80	29.97
9	54.00	-5.80	36.41	18.87	26.64
10	60.00	-7.10	39.15	22.57	20.98
11	66.00	-8.10	41.74	25.53	17.39
12	72.00	-8.90	46.03	28.79	10.36

DISTANZA DEI RIFRATTORI DAI GEOFONI

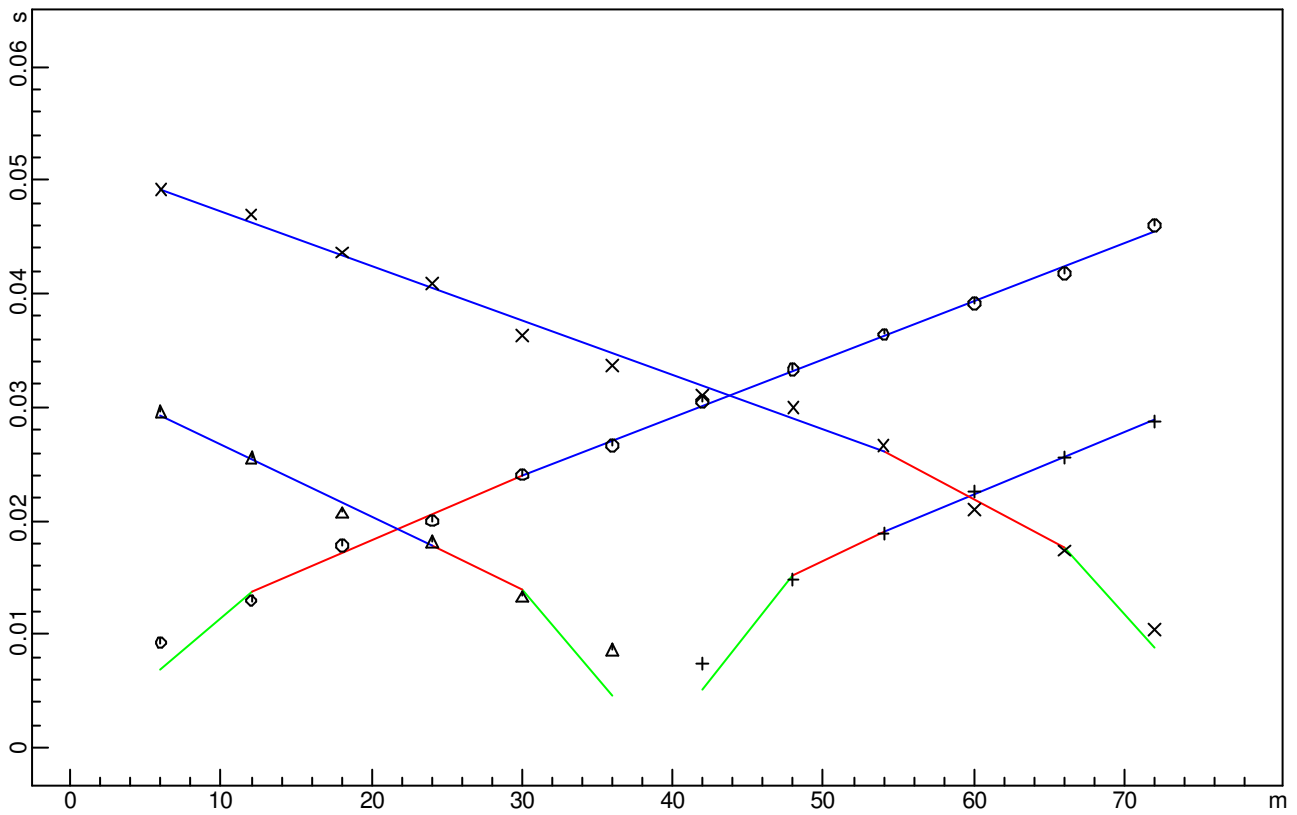
N. Geof.	Dist. Rifr. 1 [m]	Dist. Rifr. 2 [m]
1	0.5	7.1
2	1.8	7.4
3	3.1	7.4
4	3.1	8.0
5	2.7	8.3
6	3.0	7.0
7	3.2	6.3
8	3.7	5.7
9	2.9	6.5
10	2.1	6.1
11	2.4	5.9
12	2.9	5.2

VELOCITA' DEGLI STRATI

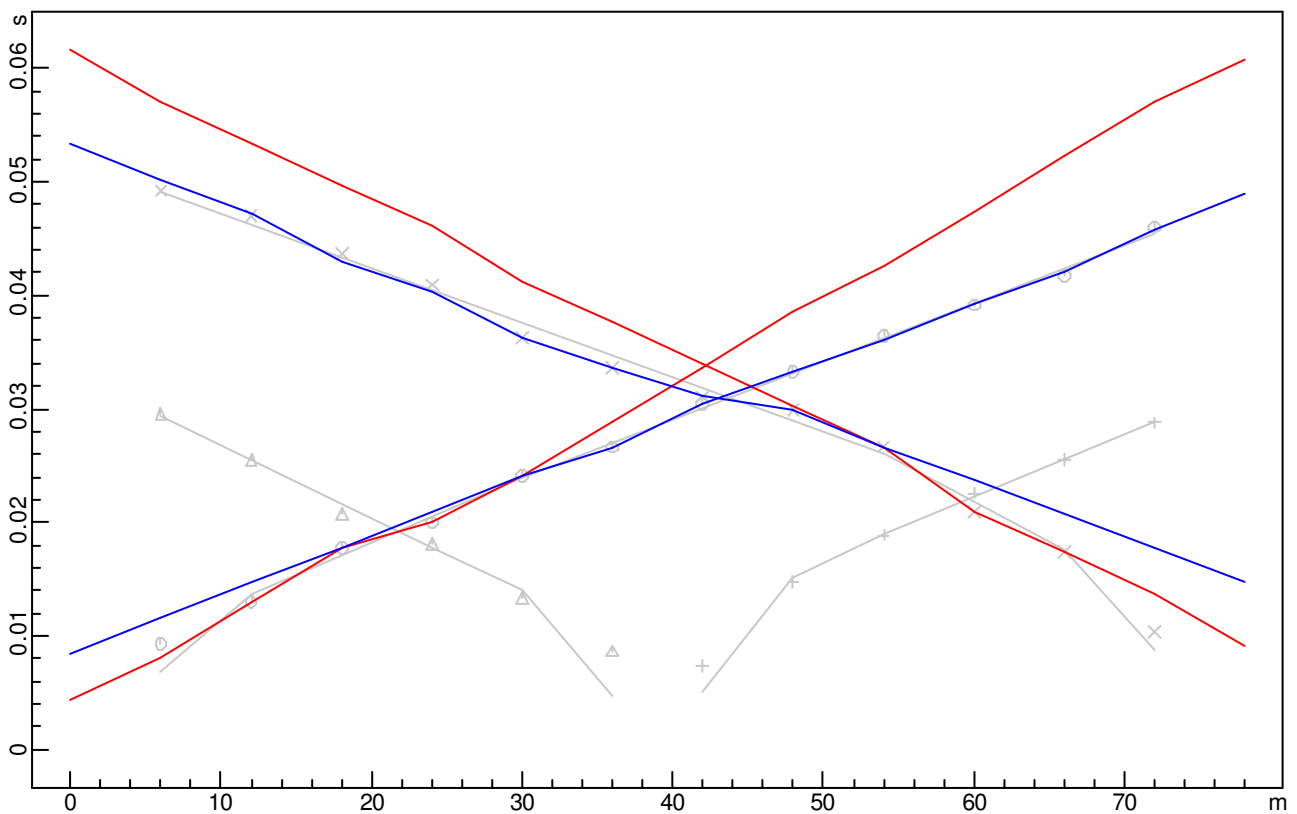
N. Strato	Velocità [m/s]
1	684.2
2	1422.7
3	2011.6

Cantiere: Sismica lungo il canale di sfioro
Località: Bacino della Giudea - Gello - Pistoia
Stendimento 2

DROMOCRONE ORIGINALI

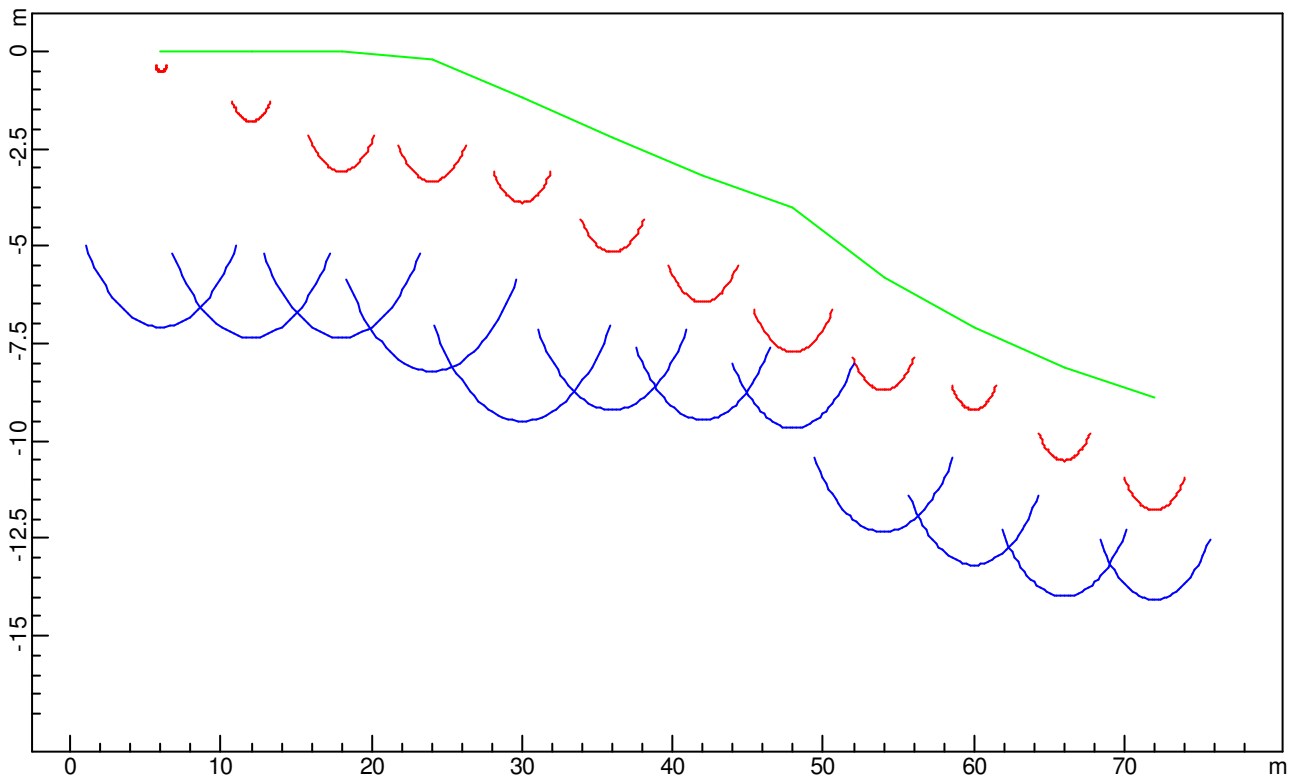


DROMOCRONE TRASLATE

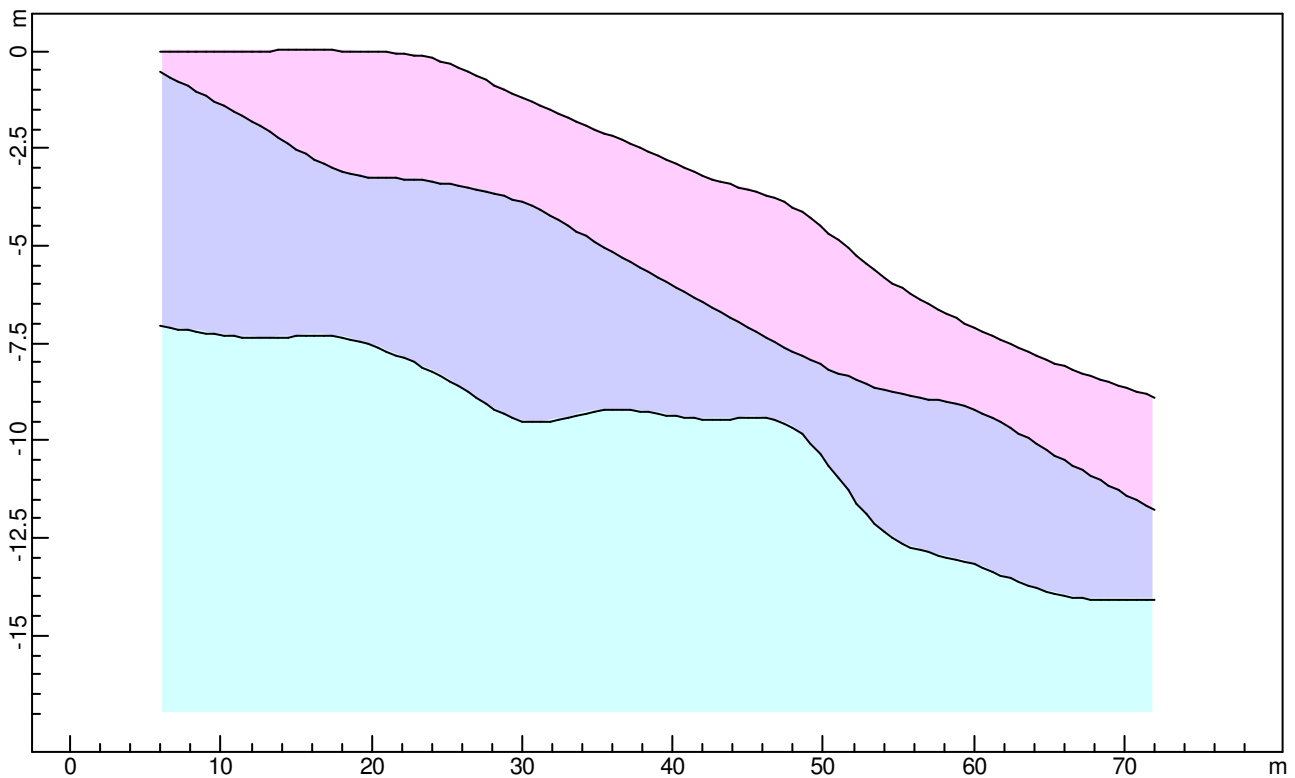


Cantiere: Sismica lungo il canale di sfioro
Località: Bacino della Giudea - Gello - Pistoia
Stendimento 2

PROFONDITA' RIFRATTORI



SEZIONE VERTICALE



684.2 m/s 1422.7 m/s 2011.6 m/s

ANALISI SISMICA A RIFRAZIONE

Cantiere: sismica lungo il canale di sfioro
Localita: Bacino della Giudea - Gello - Pistoia
Stendimento 3

POSIZIONE DEGLI SPARI

Ascissa [m]	Quota [m]	Nome File
0.00	-9.00	GELLO3_DOL_A.adt
39.00	-13.00	GELLO3_DOL_C.cdt
78.00	-18.00	GELLO3_DOL_R.rdt

POSIZIONE DEI GEOFONI E PRIMI ARRIVI

N.	Ascissa [m]	Quota [m]	FBP da 0 [ms]	FBP da 39 [ms]	FBP da 78 [ms]
1	6.00	-9.50	7.77	28.79	50.62
2	12.00	-10.10	16.28	27.31	47.66
3	18.00	-10.70	21.83	24.72	46.03
4	24.00	-11.20	22.94	22.35	43.96
5	30.00	-11.80	25.90	14.58	40.26
6	36.00	-12.50	28.86	7.77	35.45
7	42.00	-13.20	30.71	5.55	33.60
8	48.00	-13.80	35.15	15.10	31.97
9	54.00	-14.70	37.00	20.65	24.94
10	60.00	-15.60	41.07	23.61	22.50
11	66.00	-16.50	42.18	25.83	19.17
12	72.00	-17.60	45.88	30.49	14.58

DISTANZA DEI RIFRATTORI DAI GEOFONI

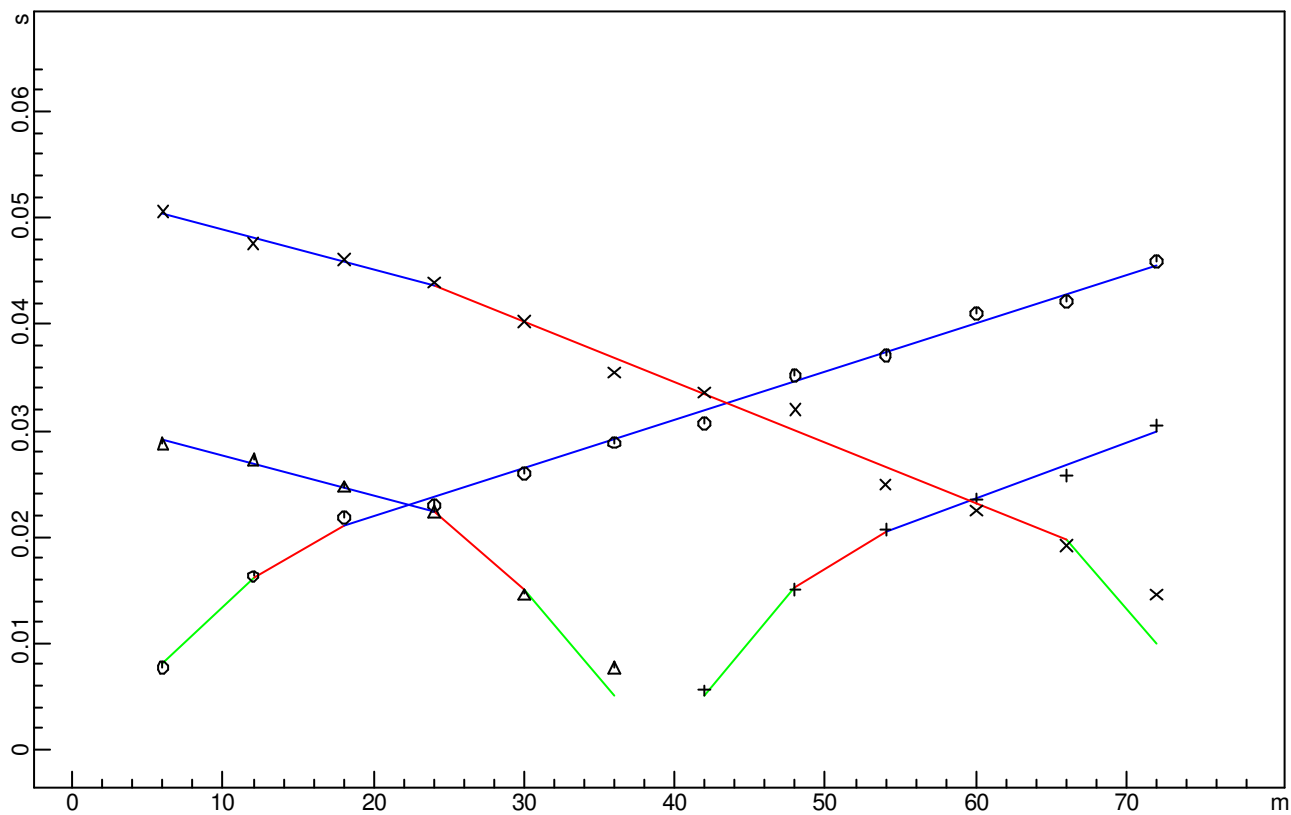
N. Geof.	Dist. Rifr. 1 [m]	Dist. Rifr. 2 [m]
1	2.3	9.3
2	2.1	10.5
3	2.4	9.3
4	2.2	10.9
5	1.8	12.6
6	1.9	12.1
7	2.7	12.8
8	3.7	11.1
9	3.0	13.0
10	3.3	11.3
11	3.4	12.4
12	2.7	13.1

VELOCITA' DEGLI STRATI

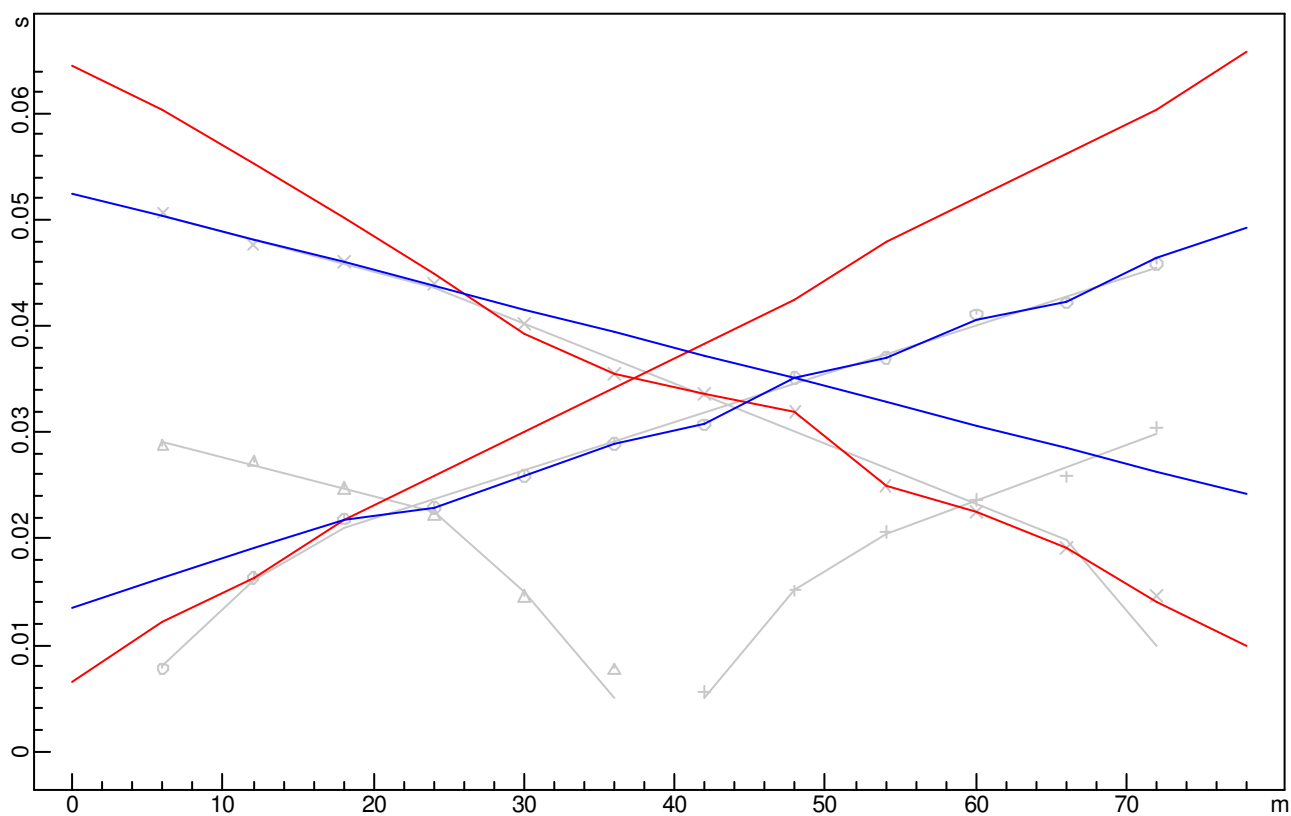
N. Strato	Velocità [m/s]
1	629.0
2	1422.8
3	2444.6

Cantiere: sismica lungo il canale di sfioro
Localita: Bacino della Giudea - Gello - Pistoia
Stendimento 3

DROMOCRONE ORIGINALI

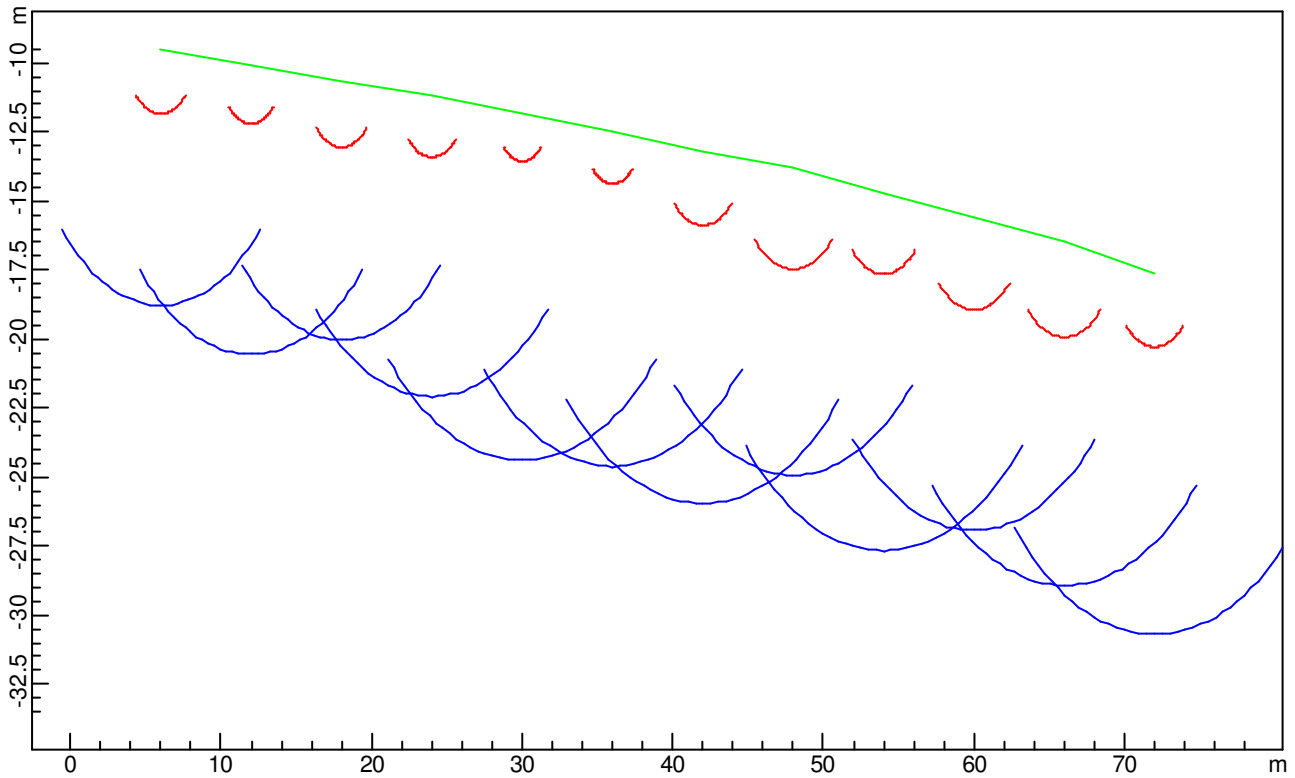


DROMOCRONE TRASLATE

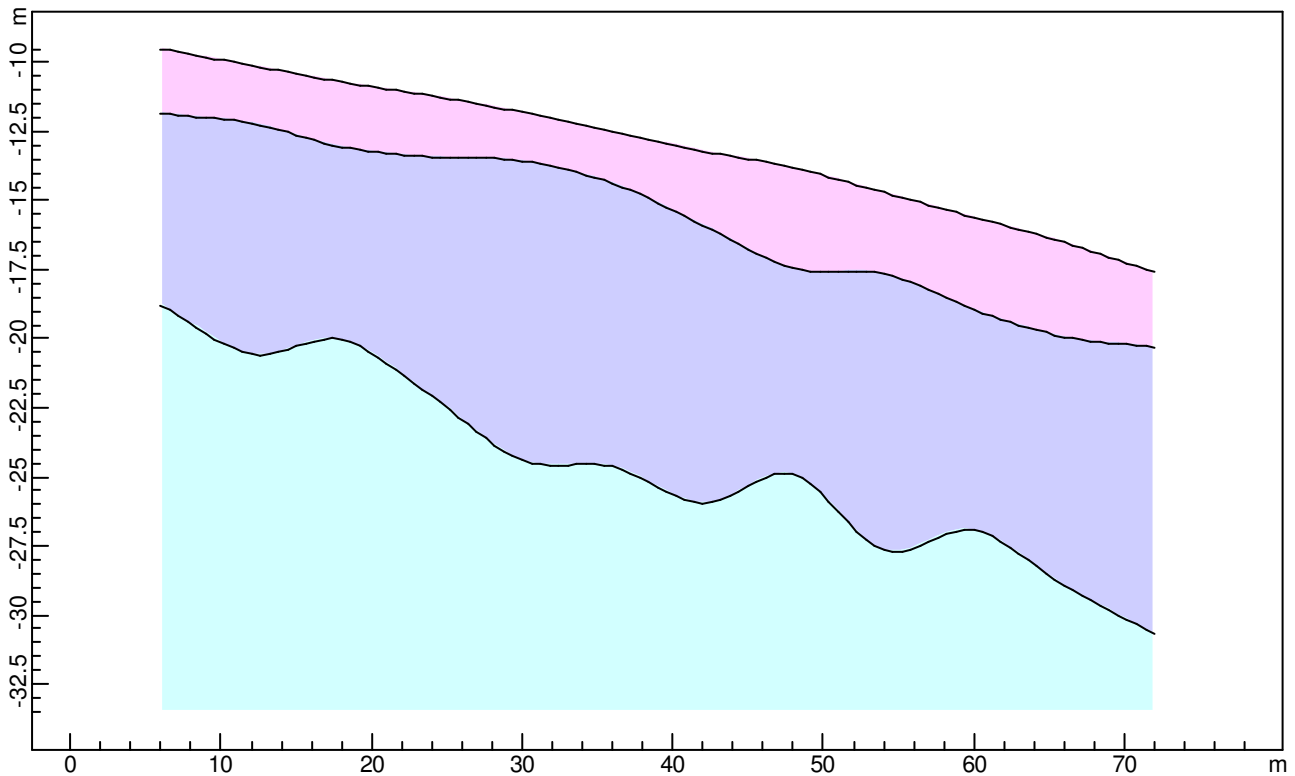


Cantiere: sismica lungo il canale di sfioro
Localita: Bacino della Giudea - Gello - Pistoia
Stendimento 3

PROFONDITA' RIFRATTORI



SEZIONE VERTICALE



629.0 m/s 1422.8 m/s 2444.6 m/s

Ministero dell'Ambiente
e della Tutela del Territorio


Autorità di Bacino del Fiume Arno



REGIONE TOSCANA
GIUNTA REGIONALE



Provincia di Pistoia



Comune di Pistoia

Opere strutturali di messa in sicurezza idraulica ed
approvvigionamento idropotabile in località Gello
e Laghi Primavera

PROGETTO ESECUTIVO

INVASO GIUDEA IN LOCALITA' GELLO

Adempimento prescrizioni lettera S.N.D. Prot.SDI/ 7860 del 16 Dicembre 1996 e verifiche dinamiche

R.U.P.

Dott. Lorenzo Cecchi de' Rossi

Via Traversa della Vergine, 81 51100 Pistoia (PT)

PROGETTO:

Consorzio di Bonifica Ombrone P.se - Bisenzio

AREA GESTIONE DEL TERRITORIO

Via Traversa della Vergine, 81
51100 Pistoia



GRUPPO DI LAVORO (Decreto del Direttore n° 255 del 18.12.2006):

Ing. Stefano Burchielli : responsabile della progettazione

Ing. Nicola Giusti : progettista

Ing. jr. Matteo Vaccai: progettista

Geom. Stefania Galardini : procedure espropriative

Rag. Giovanna Vassallo : supporto amministrativo

Arch. Riccardo Luca Breschi: studio urbanistico e di inserimento ambientale

Università degli Studi di Firenze - Facoltà di ingegneria
Dipartimento ingegneria Civile: Impatto ambientale
coordinatore attività: prof. Ing. Enio Paris

Arch. Olga Agostini: inquadramento urbanistico e proposta di
modifica degli strumenti vigenti

Geom. Stefano Loli: rilievi topografici

D.R.E.A.M. Italia S.c.r.l. : aspetti geologici

Geologia e Ambiente S.n.c. : indagini geognostiche

GEOTECNALab S.r.l.: prove geotecniche di laboratorio

Ing. Giancarlo Caroli: progettazione opere idrauliche

Interstudio Firenze S.r.l. : ingegnerizzazione attività di scavo,
selezione e trasporto materiale interte

R.T.I. Interstudio Firenze S.r.l. - Geotecnica Progetti S.r.l. :
Invaso Giudea in località Gello - Aggiornamento del progetto per
il ripristino funzionale, per l'aumento della capacità e per
l'adeguamento al D.M. 24.03.1982 n° 44 e delle verifiche
sismiche (Progettisti: ingg. Giuseppe Baldovin, Ezio Baldovin -
D.L.: ing. Sergio Rizzo)

RELAZIONE GEOTECNICA
All.-Risultati indagini MASW sul corpo diga 2007

COD.

D.8

DATA Luglio 2007

Redatto da: R.T.I. Interstudio - Geotecnica Progetti

Progettisti: Ingg. G. Baldovin, E. Baldovin

3530EAD099-D8-Indag_MASW



COMUNE DI PISTOIA

(Provincia di Pistoia)

Oggetto:

**INDAGINE GEOFISICA MEDIANTE SISTEMA MASW
SUL PARAMENTO DEL "BACINO DELLA GIUDEA"
IN LOCALITA' GELLO**

Committente: *Consorzio Ombrone e Bisenzio*

**Responsabili
indagini Geofisiche:** *Dott. Geol. Andrea Melone*
Dott. Geol. Susanna Milani

Data: *13/03/2007*

1. PREMESSA

Su incarico del Consorzio Ombrone e Bisenzio di Pistoia la presente indagine geofisica riguarda la determinazione del profilo stratigrafico e sismico alla luce del D.M.14/07/2005, sul paramento del corpo diga del badino denominato della "Giudea" in località Gello – Comune di Pistoia.

Allo scopo di determinare il profilo stratigrafico di fondazione l'indagine si è articolata in:

1. esecuzione di n.3 profili di sismica a rifrazione in acquisizione onde si superficie (Masw);
2. elaborazione dei dati e modellazione del profilo di Vs in "1D" e "2D".

2. DETERMINAZIONE DEL PROFILO DI $[V_s]$ - METODO MASW

Il profilo verticale delle Vs può essere ricavato per inversione o per modellazione diretta della velocità di fase delle onde di superficie (Rayleigh e/o Love) (Dorman e Ewing, 1962).

Le onde di Rayleigh (1885) costituiscono un particolare tipo di onde di superficie che si trasmettono sulla superficie libera di un mezzo isotropo e omogeneo e sono il risultato dell'interferenza tra onde di pressione (P-waves) e di taglio verticali (S_v -waves).

In un mezzo stratificato queste onde sono di tipo guidato e dispersivo, e vengono definite pseudo-Rayleigh. Per questioni di esposizione, nel testo qui presentato, verranno chiamate semplicemente di Rayleigh o di superficie.

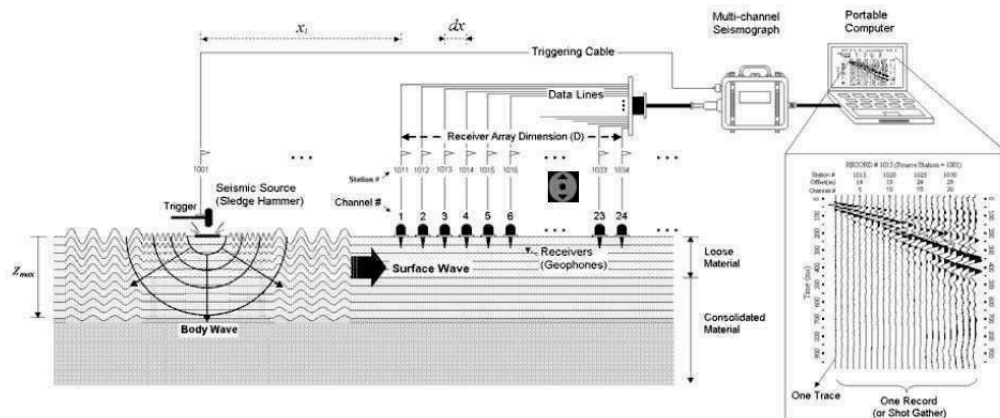
La dispersione è una deformazione di un treno d'onde dovuta ad una variazione di propagazione di velocità con la frequenza. Le componenti a frequenza minore penetrano più in profondità rispetto a quelle a frequenza maggiore, per un dato modo, e presentano normalmente più elevate velocità di fase.

Il calcolo del profilo delle velocità delle onde di Rayleigh, $V(\text{fase})/\text{frequenza}$, può essere convertito nel profilo di Vs/profondità.

Le velocità di fase sono ricavate per confronto diretto degli spettri di ampiezza e fase di ciascuna coppia di sismometri, ottenuti istantaneamente in sito tramite un oscilloscopio che esegue una trasformata veloce di Fourier. Poiché il metodo non prevede il salvataggio delle tracce temporali e l'interpretazione è svolta nel dominio delle frequenze, si suppone che gli arrivi più energetici appartengano al treno d'onde di Rayleigh. Nelle situazioni in cui il rumore sovrasta la potenza della sorgente artificiale, o in cui gli arrivi delle onde di pressione sono più energetici, questa metodologia non porta a risultati soddisfacenti per il fatto che, nel dominio delle frequenze, non è possibile separare le onde di Rayleigh da quelle di altra natura.

Il MASW (Park et al., 1999) è stato sviluppato in parte per superare le difficoltà dell'applicazione del sistema di acquisizione delle onde S attraverso un normale profilo di acquisizione in rifrazione semplice.

Inoltre lo sviluppo di tale metodologia permette di evidenziare all'interno del profilo investigato, inversioni di velocità date da particolari condizioni stratigrafiche (strati molli e/o con caratteristiche meccaniche scadenti, presenza di acqua ecc.), cosa non risolvibile con il sistema di acquisizione tradizionale, se non con prove di tipo Down – Hole dal costo assai oneroso.



Metodo MASW attivo

La metodologia di indagine del profilo di tipo MASW risulta identico, come disposizione sul terreno in fase di acquisizione, ad un profilo di sismica a rifrazione, con la sola differenza nella durata e tipologia di campionamento.

Inoltre per ottenere un segnale più definito, vengono usati geofoni con frequenza di 4.5 Hz.

La disposizione e la modalità di acquisizione è raffigurata nello schema soprastante. Si eseguono tiri coniugati agli estremi dello stendimento; con tale metodologia è possibile evidenziare sul punto di scoppio il profilo verticale e le variazioni della Vs.

Per il lavoro in questione sono stati eseguiti n.3 stendimenti, via via disposti su più quote del paramento del corpo diga, iniziando al coronamento, scendendo via via lungo i gradoni dello sbarramento.

Gli stendimenti sono stati quindi sviluppati secondo la dimensione rispettiva di 80mt e 60mt, utilizzando uno sismografo Pasi 16SG48, a 48 canali. L'interdistanza geofonica è stata di 1.0mt con tiro all'estremo posizionato a circa 10 e 5mt dalla fine del profilo e tiri interni per consentire una restituzione in 2D del profilo.

ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE

La registrazione simultanea di 12 o più canali (separati da 0,5m a 10m) fornisce una ridondanza statistica delle misure di velocità di fase e ne avvalorata la veridicità. Il salvataggio delle tracce nel dominio temporale, previsto dal metodo, permette inoltre di distinguere e evidenziare, durante l'analisi, le onde di Rayleigh presenti nel record che, normalmente, sono caratterizzate da un'elevata ampiezza di segnale (circa il 60% dell'energia prodotta dalla sorgente artificiale si distribuisce in onde di superficie). Una particolare analisi spettrale, "overtone analysis", produce un grafico Velocità di fase/frequenza in cui si può distinguere il modo fondamentale delle onde di superficie da cui ricavare la curva di dispersione ed il profilo delle Vs per successiva inversione 1-D. La tecnica prevede inoltre di eseguire misure ripetute spostandosi nella direzione di allineamento per risalire ad un profilo bidimensionale che evidenzia le variazioni laterali delle Vs. Le modalità esecutive e, di conseguenza, i costi si elevano risultando molto simili a quelli delle indagini di sismica a riflessione ad alta risoluzione.

La sperimentazione di inversione delle curve di dispersione misurate (dati del picking) utilizzando il codice Surfseis[®] ha consentito di verificare la generale buona concordanza dei modelli ottenuti. Nelle situazioni dove l'assenza di conoscenze geologiche rende arbitraria la definizione della struttura del sottosuolo, il supporto di una procedura di calcolo semiautomatica può fornire un buon punto di partenza per contribuire a superare i problemi di equivalenza insiti nella modellazione di tipo diretto.

Inoltre è possibile raggiungere profondità di investigazione ben più elevate rispetto alla definizione dei sondaggi geognostici e attraverso la determinazione della Vs individuare la posizione di strati, profondi, cosa accaduta nel presente lavoro.

RISULTATI CONSEGUITI

Nella tavola fuori testo n.1 sono riportati i le restituzioni in "2D" dei profili Masw, e alcuni dei profili verticali più significativi con i valori di Vs rappresentativi della variazione verticale in profondità della velocità delle onde di taglio.

Insieme sono riportate alcune delle curve di dispersione caratteristiche del sito investigato.

Nella relativa restituzione "2D" dei profili si evince la variazione sia laterale che verticale della Vs, che permette di valutare strutture all'interno del paramento, distinguibili per la netta variazione della velocità e per le peculiari caratteristiche morfologiche.

Analizzando il profilo n.1 eseguito in sommità del sbarramento si evince la presenza di una zona a bassa velocità caratterizzata da valori della Vs tra 120 e 140 m/sec. La distribuzione in senso orizzontale e la successiva morfologia che si rileva, riconduce a tale zona una possibile fascia di terreni allentati, probabilmente a zone di potenziale scollamento dei terreni, come accaduto sul fianco interno del paramento.

Tale situazione viene inoltre confortata dal rigonfiamenti a valle della scarpata, inclinazioni delle linee aree presenti sul fronte.

Sottostante si evincono nuovamente zona a bassa velocità ed interruzioni dell'omogeneità del paramento. La particolare conformazione di una zona presente all'interno del corpo diga fa presumere all'esistenza di condotte tra cui quella eventualmente presente come scarico di fondo e come linea di adduzione e di approvvigionamento idrico.

Tale evidenza viene individuata in tutti i profili eseguiti, riportando inoltre un allineamento verso la centrale ubicata i torno alla quota di 120 m s.l.m.

Grosseto li, 13/03/2007

Dott. Geol. Andrea Melone

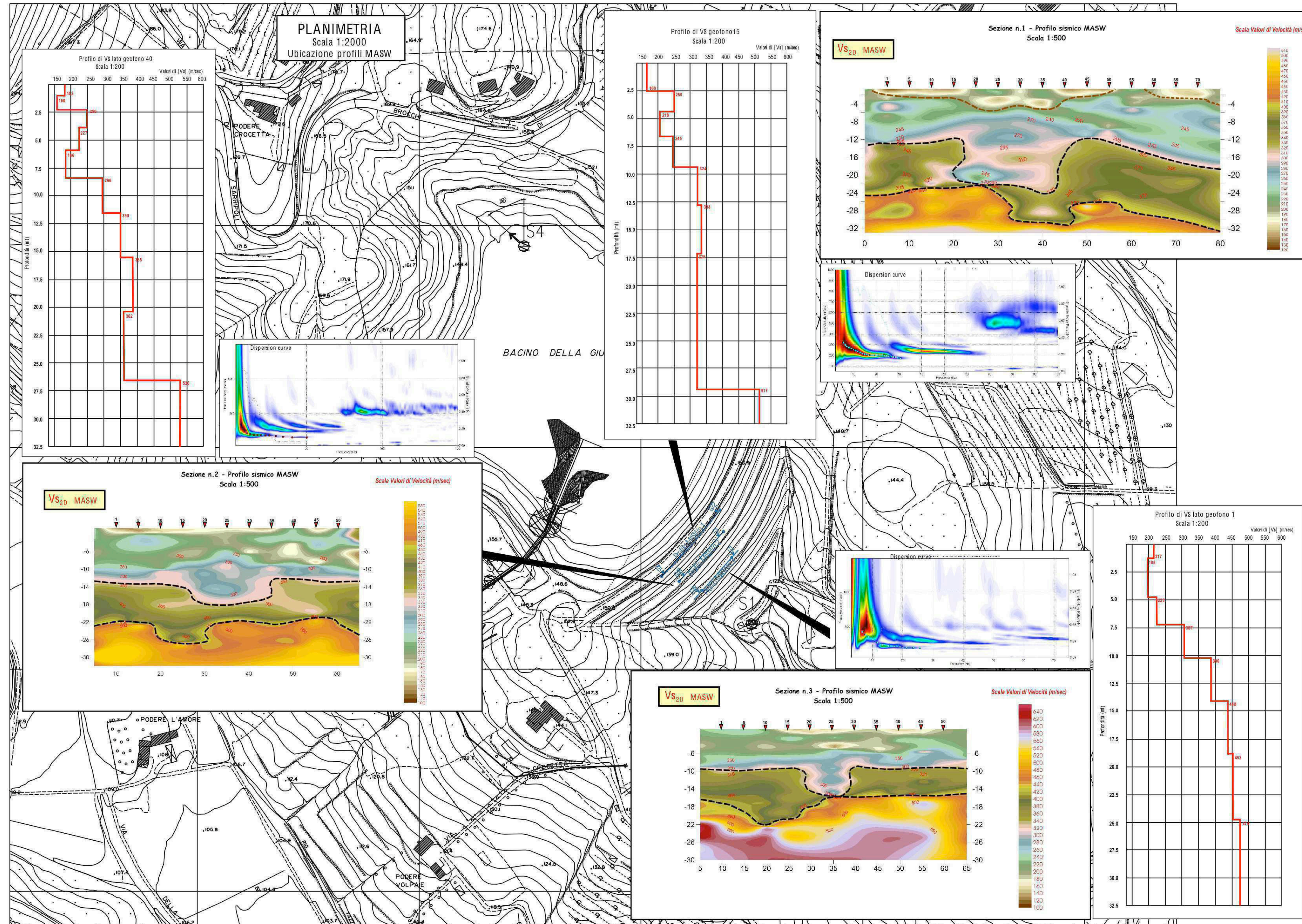
Dott. Geol. Susanna Milani

COMUNE DI PISTOIA

PROVINCIA DI PISTOIA

INDAGINE GEOFISICA MEDIANTE SISTEMA MASW SUL PARAMENTO DEL "BACINO DELLA GIUDEA" IN LOCALITA' GELLO

Committente:
Consorzio di Bonifica Ombrone Pistoiese -
Bisenzio



Dott. Geol. Andrea Melone
Dott. Geol. Susanna Milani

STUDIO DI GEOLOGIA E GEOFISICA
PROVE PENETROMETRICHE - ANALISI TERRE
PROVE DI CARICO SU PIASTRE - PROVE DI CARICO
SU PALI E MICROPALI - SONDAGGI A CAROTAGGIO
CONTINUO

Via IV Novembre, 7 - 58100 - Grosseto
Tel. 0564/25883 - 338/7730336