

Publiacqua

PROGETTO ESECUTIVO

Comune di SCARPERIA

Titolo progetto:

**Nuova centrale di potabilizzazione "Autodromo",
serbatoio di accumulo, centrale di pompaggio,
e collegamenti acquedotto e fognatura.**

Titolo disegno:

Relazione Geologica

INGEGNERIE TOSCANE

Tavola

e.A.2

Scala

DATA

Luglio 2011

P.O.T

7148

PROGETTO N° / ODI

xxx/xxx

ARCHIVIO INFORMATICO

|||||

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
IN PROGETTAZIONE

Dott. Ing. Mario RUTA

PROGETTAZIONE E DIREZIONE LAVORI
GRANDI PROGETTI

IL RESPONSABILE:

Dott. Ing. Alessandro FRITTELLI

PROGETTISTI:

PROGETTISTA OPERE IDRAULICHE, ELETTRICHE
E STRUTTURALI

Dott. Ing. Giovanni SIMONELLI

Il Geologo.:

Dott. Geol. Nicola CEMPINI

C.S.P.:

Dott. Ing. Manuela BONSIGNORI

COLLABORATORI ALLA PROGETTAZIONE:

Opere Idrauliche:

Dott. Ing. Alessio CRIACHI
Dott. Ing. Manuela BONSIGNORI
Dott. Ing. Beatrice SALANI
Dott. Ing. Simone TARABELLA

Opere Geotecniche e Strutture:

Dott. Ing. Nicola MAINARDI
Dott. Geol. Carlo FERRI

Opere Elettriche e automazione

Per. Ind. Paolo BASTIANONI

INGEGNERIE TOSCANE s.r.l.

Sede Firenze

Via Da noli 4-50132-FIRENZE

Cod.Fisc. e P.I.V.A. 06111950488

Progettazione e Lavori Grandi Progetti



ISO 9002 Cert. n° 3232/0

Rev.	Data	Descrizione/Motivo della revisione	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO
02	20/07/11	ADEGUAMENTO REVISIONE DEL 20/07/2011	N.CEMPINI	A.MASSINI,V.LAPUCCI,A.FRITTELLI	G.SIMONELLI
01	30/06/11	PRIMA STESURA PROGETTO ESECUTIVO	N.CEMPINI	A.MASSINI,V.LAPUCCI,A.FRITTELLI	G.SIMONELLI

IMPORTANTE : Proprietà riservata di Publiacqua ; Vietata la Riproduzione e la Diffusione.

RELAZIONE GEOLOGICA.....	3
1. PREMESSA.....	4
1.1 UBICAZIONE E CARATTERISTICHE GENERALI DELL'INTERVENTO	4
1.2 QUADRO NORMATIVO	4
2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO.....	5
2.1 INQUADRAMENTO REGIONALE.....	5
2.2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE.....	5
2.3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO LOCALE.....	6
2.4. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO.....	7
2.5. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO.....	7
2.6 ANALISI CARTOGRAFIA DI SUPPORTO AGLI STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI.....	8
2.7 ANALISI CARTOGRAFIA DI SUPPORTO AL P.T.C.P.	10
2.8 PERICOLOSITÀ DA P.A.I.	10
2.8.1 P.A.I. RISCHIO GEOMORFOLOGICO	11
2.8.2 P.A.I. RISCHIO IDRAULICO	11
2.9 CLASSIFICAZIONE SISMICA.....	11
2.10 VINCOLI E SALVAGUARDIE	12
3. MODELLAZIONE GEOLOGICA	12
3.1 ANALISI GEOLOGICA, STRATIGRAFICA E STRUTTURALE.....	12
3.2 ANALISI GEOMORFOLOGICA.....	13
3.3 ANALISI IDROGEOLOGICA	13
3.4 ANALISI IDROLOGICO-IDRAULICA	13
3.5 INDAGINI GEOGNOSTICHE	14
3.5.1. CRITERI D'INDAGINE.....	14
3.5.1.1. DESCRIZIONE DELL'INDAGINE 2007	14
INDAGINE GEOFISICA	15
SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO	16
PROVE PENETROMETRICHE.....	17
3.5.1.2. ANALISI GEOTECNICHE DI LABORATORIO2007	17
ANALISI GRANULOMETRICHE	17
LIMITE DI ATTEMBERG	18
DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO NATURALE DI ACQUA.....	18
DETERMINAZIONE DELLA MASSA DI VOLUME APPARENTE.....	19
PROVA DI TAGLIO DIRETTO CD.....	20
PROVA DI COMPRESIONE EDOMETRICA.....	20
PROVA DI TAGLIO DIRETTO (UU).....	21
3.5.2.1. DESCRIZIONE DELL'INDAGINE 2011	21
3.5.2.2. ANALISI GEOTECNICHE DI LABORATORIO2011	ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.
3.6. AZIONE SISMICA	22
3.6.1 CATEGORIA SUOLO DI FONDAZIONE	22
4.6.2 SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO	23
3.7 VERSANTI STABILITÀ GLOBALE.....	25
3.7.1. CONSIDERAZIONI GENERALI SULLA STABILITÀ	25
3.7.2. VERIFICHE DI STABILITÀ DEL VERSANTE	25
3.7.3 DEFINIZIONE DI INTERVENTI A FAVORE DELLA STABILITÀ.....	27
3.7.3.1 MURO DI CONTENIMENTO IN C.A.	28
3.7.3.2 OPERE DI MONITORAGGIO	28
3.7.3.3 TERRE ARMATE.....	28
3.7.3.4 REGIMAZIONE ACQUE PIOVANE	29
3.7.3.5 REGIMAZIONE ACQUE SUB SUPERFICIALI.....	29
3.8. MODELLO GEOLOGICO DI SINTESI PER LA PROGETTAZIONE	30

4. PERICOLOSITA' IDRAULICA E MITIGAZIONE DEL RISCHIO. 32

5. CONCLUSIONI..... 32

TAVOLE..... 33

Tavola 1	Inquadramento da foto aerea
Tavola 2	Inquadramento geologico
Tavola 3	Inquadramento geomorfologico
Tavola 4	Inquadramento litologico
Tavole 5a, 5b	Carte della pericolosità dal P.S. comunale
Tavola 6	Pericolosità idraulica – estratto da P.S. comunale
Tavola 7	Carta aree allagabili – estratto da P.S. comunale
Tavola 8	Pericolosità – estratto da PTCP Firenze
Tavola 9	Vulnerabilità degli acquiferi – estratto da PTCP Firenze
Tavola 10	Carta ZMPSL – estratto da P.S. comunale

ALLEGATI:

- INDAGINI 2007
 - Indagine geofisica
 - Stratigrafie sondaggi
 - Prove penetrometriche
 - Analisi e prove laboratorio
- INDAGINI SISMICHE A DISPOSIZIONE
 - Indagine down hole
- INDAGINI 2011
 - Stratigrafia sondaggio 3
- VERIFICHE STABILITA' VERSANTE
 - Verifiche stato attuale
 - Verifiche di progetto
 - Sezioni

RELAZIONE GEOLOGICA

Nuova centrale di potabilizzazione "Autodromo" serbatoio di accumulo, centrale di pompaggio

RELAZIONE GEOLOGICA
(ai sensi del D.M. 14.01.2008)

1. PREMESSA

1.1 Ubicazione e caratteristiche generali dell'intervento

La presente relazione è stata redatta su incarico di Publiacqua ed è volta alla modellazione e caratterizzazione geologica dei terreni interessati dal progetto esecutivo per la realizzazione di una Nuova centrale di potabilizzazione "Autodromo" in sintesi costituita da: serbatoio di accumulo, centrale di pompaggio, collegamenti acquedotto e fognatura.

Il progetto dell'opera è previsto alla periferia est dell'abitato di Scarperia (FI), ad una distanza di circa 1 km dal centro abitato ed immediatamente nei pressi dell'entrata dell'Autodromo del Mugello e del vecchio Campo Base Autodromo (CAVET) limitrofo alla ferrovia TAV. L'area di progetto, una volta terminata la costruzione della TAV, è stata in parte ripristinata e liberata da tutte le strutture presenti per il cantiere.

Cartograficamente l'area appartiene al foglio 264010 a scala 1:10.000 della C.T.R. della Regione Toscana.

1.2 Quadro normativo

Le indagini geologiche ottemperano a quanto previsto dal: D.M. 14 gennaio 2008 "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni"; C.S.L.P. Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14/01/2008, Circolare del 02/02/2009; Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 3519 del 28/04/06; D.M. 11/03/88; Del.G.R.T. n.431/06 sulla classificazione sismica del territorio regionale; D.Lgs 10/02/2006, n. 152 "Norme in materia di Ambiente"; D.P.C.M. 06/05/2005 (PAI); D.P.C.M. 226 del 05/11/99; ex L. 1497/39 e art. 142 del Dlgs. 42/04; D.P.G.R. 26/r 2007, D.P.G.R. 36/r 2009, Regio Decreto n° 3267 del 30/12/1923; Regolamento Forestale della Toscana (D.P.G.R. 8 agosto 2003 n.° 48/R) e modifiche al Regolamento Forestale (D.P.G.R. 16 marzo 2010 n. 32/R); T.U. 25 luglio 1904 n. 523; Regio Decreto n° 3267 del 30/12/1923; Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Firenze e Strumenti Urbanistici del Comune di Scarperia.

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO

2.1 Inquadramento regionale

La zona interessata dal progetto si trova nel bacino del Mugello, nel Comune di Scarperia (FI), parte medio superiore del bacino idrografico del fiume Sieve delimitata a Nord dal principale spartiacque appenninico e a Sud dal Monte Senario e dal Monte Giovi, chiusa ad ovest dai Monti della Calvana.

2.2. Inquadramento geologico regionale

Il bacino lacustre del Mugello è costituito da un'ampia depressione che durante il Villafranchiano ospitò un vasto e profondo lago, i cui sedimenti affiorano lungo i fianchi delle valli dei principali affluenti del F. Sieve. Successivamente si verificarono cicli alluvionali pleistocenici, costituiti da almeno tre alterne fasi di erosione e deposizione da parte della Sieve e degli affluenti, come testimoniano i lembi residuali di superfici alluvionali posti a quote diverse rispetto alla pianura alluvionale recente.

Nelle aree di fondovalle e scarpate terrazzate affiorano le successioni oloceniche e pleistoceniche di depositi fluviali attuali e terrazzati del T. Bagnone, T. Bosso e del F. Sieve, costituite da ciottolami, sabbie, limi e argille limose. L'estensione degli affioramenti e lo spessore di tale unità nel caso dei due torrenti risulta inferiore a quella della Sieve, dove la granulometria dei sedimenti diviene progressivamente più fine allontanandosi dall'alveo del Fiume Sieve verso l'esterno della pianura alluvionale, che raggiunge una larghezza massima di 1.5 km.

La morfologia del territorio è determinata dalla natura geologica e litologica dei terreni. Il territorio può essere suddiviso come indicato di seguito:

- una zona di terreni pianeggianti di fondovalle distribuiti lungo il corso del F. Sieve e dei suoi affluenti in sinistra idraulica Torrenti Levisone e Bagnone;
- una zona caratterizzata da basse colline dalla morfologia dolce e sviluppate in direzione nord-sud, dove si sono concentrati gli insediamenti del Capoluogo, queste forme caratterizzano la porzione meridionale del territorio comunale;
- una zona intermedia, dove sono prevalenti terreni riconducibili ai depositi terrazzati e lacustri a litologia prevalente argillosa e argilloso sabbiosa, che caratterizzano le località di Pianvallico e dell'Autodromo del Mugello;

- una zona montuosa settentrionale che mostra maggiore asperità e pendenza del rilievo in concomitanza della presenza delle formazioni litoidi (calcaree, marnose ed argillitiche) ove risultano essere presenti gli insediamenti di Marcoiano, Santagata, Ponzalla, Bagnatio e gli stabilimenti delle sorgenti Panna e Palina.

2.3. Inquadramento geologico locale

Per quanto riguarda la caratterizzazione geologica, nell'area esaminata, sono presenti:

- **depositi e coperture del Quaternario** (depositi di versante, depositi alluvionali in evoluzione, depositi alluvionali terrazzati), e
- **le formazioni della Successione del Mugello**, che sono composte dalle seguenti formazioni:
 - ✓ **Formazione del Fiume Sieve** (AT1-AT2), costituita da depositi fluviali affioranti in una successione di terrazzi formati in seguito ai successivi ripetuti abbassamenti del livello di base. Tale Formazione è composta dal Membro di Sagginale, costituito da depositi alluvionali terrazzati ed in evoluzione (ghiaie e sabbie) di spessore fino a 5 metri; composta dal Membro di Luco di Mugello formato da depositi fluviali terrazzati (ghiaie e sabbie siltose) con spessori fino a 10 metri, e dal Membro di Scarperia, caratterizzato da depositi fluviali terrazzati (ghiaie e sabbie siltose di colore rossastro) con spessori fino a 10 metri.
 - ✓ **Formazione del Mugello** (As), costituita da depositi di origine fluvio-lacustre in discordanza angolare sul substrato pre-lacustre. Nell'area interessata dal nuovo potabilizzatore, affiora la parte formata dai materiali più fini del Membro in questione (MGOa), formata da argille organizzate in strati sub orizzontali di notevole spessore.

L'area di progetto della presente relazione ricade totalmente in quest'ultima formazione.

2.4. Inquadramento geomorfologico

L'intervento in progetto interessa il versante posto in sinistra idrografica del Torrente Bagnoncino, affluente di destra del torrente Bagnone,

L'area è ubicata quasi al piede del pendio che caratterizza la zona a sud dell'Autodromo del Mugello che, nelle vecchie carte CTR, risultava avere una pendenza media intorno ai 10-15 gradi, come confermato anche dalle carte allegate al piano strutturale. Negli ultimi 10 anni però l'area è stata modificata in modo drastico dal un punto di vista morfologico, prima per permettere una corretta esecuzione delle attività di cantiere relative alla ferrovia TAV Bologna Firenze, successivamente nelle operazioni di ripristino conseguenti al termine dei lavori. Queste diverse fasi di movimento terra sono state documentate nei vari rilievi topografici eseguiti in vari anni nell'area.

2.5. Inquadramento idrogeologico

Per quanto riguarda la situazione idrografica, i corsi d'acqua presenti su tutto il territorio comunale, sono allineati secondo due direzioni prevalenti:

- in direzione rigidamente appenninica (WNW – ESE) il Fiume Sieve;
- con allineamento antiappenninico gli affluenti in sinistra idraulica (NNE – SSW, cioè ortogonalmente alla direzione appenninica) per il T. Levisone, T. Bagnone, T. Cornocchio e T. Bosso.

Tutto ciò testimonia chiaramente un controllo strutturale sul reticolo idrografico, caratterizzato da una serie di dislocazioni che, anche in epoca recente, si sono mobilizzate secondo le due direzioni principali di sforzo tettonico (appenninico ed antiappenninico), creando linee di faglia e di frattura che hanno costituito una via preferenziale per l'impostazione delle linee di deflusso superficiale.

In generale l'idrografia del territorio, è caratterizzata da un insieme di corsi d'acqua a carattere torrentizio che incidono profondamente i rilievi, determinando la tipica configurazione a "v" delle valli minori. Nei fondovalle maggiori le aree limitrofe ai corsi d'acqua risultano con una parte pianeggiante di limitata estensione caratterizzata da una fase deposizionale, piuttosto che da una fase erosiva.

Nel tratto a valle, dell'area interessata dal progetto, il Bagnoncino si presenta con una forma a "v" con forti interventi antropici di rimodellamento

delle sponde, questo tratto era stato in parte tombato per permettere l'accesso dei mezzi al cantiere della TAV.

Data la natura delle litologie presenti nell'area la permeabilità è molto bassa e si può considerare che il deflusso idrico sotterraneo sia praticamente assente. E' presente invece un deflusso idrico superficiale di ruscellamento fortemente incisivo nel primo metro di terreno, che risulta essere terreno di riporto o fortemente alterato.

Durante i vari sopralluoghi è stata sempre ben visibile la presenza di acqua proveniente dalla zona di monte dell'area, probabilmente in corrispondenza di un vecchio impluvio rimaneggiato dall'azione antropica.

Dalle misure di permeabilità effettuate nel corso delle prove edometriche si sono riscontrati valori di K compresi tra $10.4 \cdot 10^{-9}$ cm/s e $9.1 \cdot 10^{-9}$ cm/s. Considerando che nelle prove di permeabilità effettuate nel corso delle prove edometriche, si riscontra un valore sottostimato di circa due o tre ordini di grandezza, si può ragionevolmente considerare che la permeabilità dei materiali costituenti il versante sia di $N \cdot 10^{-7}$ cm/s, caratteristiche tipiche di un classico acquicludo.

2.6 Analisi cartografia di supporto agli Strumenti Urbanistici comunali.

Al fine di completare il quadro conoscitivo sono stati considerati gli studi geologico tecnici eseguiti a supporto del Piano Strutturale, in particolare la Carta della Pericolosità Geomorfologica individuava l'area nella classe di **pericolosità geomorfologica G.4 – elevata**. In questa classe sono state inserite "aree interessate da fenomeni di dissesto attivi, quali frane, frane quiescenti e movimenti di massa generalizzati in litologie argillose e/o argilloscistose, scarpate di erosione attiva, aree soggette ad erosione di sponda e fenomeni di elevata amplificazione delle sollecitazioni sismiche.

Sono state inserite in Classe di pericolosità geologica 4 le aree che:....

- aree instabili per soliflusso generalizzato. Sono incluse le aree, anche molto estese, per lo più prive di copertura arborea, coltivate o cespugliate, non molto acclivi in cui le coltri di copertura e di alterazione mostrano tracce generalizzate di movimento di massa. Questo insieme di fattori negativi, associato alla prevalenza limo-argillosa dei terreni, rende dette aree predisposte

al dissesto, soprattutto in conseguenza del verificarsi di importanti eventi idrogeomorfologici e/o di interventi di manomissione del territorio;....

- aree interessate da fenomeni di deformazione superficiale lenta;*
- aree instabili per puntuale soliflusso localizzato e fenomeni di reptazione*

.... In queste zone dovranno privilegiarsi interventi tesi alla bonifica e al recupero ambientale dei luoghi stessi.

In ogni caso qualsiasi progetto di opera che incida su tali terreni dovrà essere preceduto da una dettagliata campagna geognostica a livello di area nel suo complesso e da un progetto degli interventi di consolidamento e di bonifica, miglioramento dei terreni e tecniche fondazionali, accompagnato da un programma di controlli e monitoraggio necessari per verificare l'esito favorevole di tali interventi.

A seguito di questa cartografia di riferimento e delle prescrizioni indicate nella relazione di cui sopra si riporta un estratto, nell'anno 2006, è stata condotta una campagna geognostica dettagliata dell'intera area, di cui si esporranno i risultati nei prossimi paragrafi, che ha permesso di procedere presso gli uffici competenti della Regione Toscana ad un abbassamento del livello di pericolosità dell'area con la previsione di una serie di opere di tutela del versante e di monitoraggio dello stesso come indicato nella relazione del Piano Strutturale alla Parte II Quadro Conoscitivo Capitolo 4.5 Pericolosità Geologica.

La carta di Pericolosità Idraulica del territorio comunale individua l'area nella classe di **pericolosità idraulica irrilevante** .

La carta di Pericolosità Sismica del territorio comunale individua secondo la vigente normativa regionale, lo studio degli effetti dei fenomeni sismici legati ad aspetti morfologici, litologici e geotecnici locali, viene particolareggiato in tre classi di differenziazione delle indagini.

In particolare, per il Comune di Scarperia, la normativa prevede l'esame delle problematiche connesse a caratteristiche geologico-tecniche inerenti instabilità dinamica per cedimenti e cedimenti differenziali, per fenomeni franosi, e amplificazioni per effetti morfologici e litologici.

Come si può osservare nella "carta degli aspetti particolari delle zone sismiche", dal Piano Strutturale del Comune di Scarperia, nella zona interessata dal progetto per la costruzione del nuovo potabilizzatore, non si evidenziano situazioni morfologiche tali da creare un'amplificazione locale degli effetti sismici.

Tale carta va tenuta in debita considerazione per gli interventi costruttivi e per le loro destinazioni d'uso, in modo tale da adottare adeguati criteri costruttivi (dimensionamento delle strutture, valutazioni delle zone sismiche di progetto, coefficiente di fondazione in zona sismica).

2.7 Analisi cartografia di supporto al P.T.C.P.

Dalla cartografia di supporto al Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Firenze, Carta del Grado di Vulnerabilità degli Acquiferi all'Inquinamento, la vulnerabilità idrogeologica risulta elevata, per *"falde libere presenti in materiali detritici di modesta continuità areale"* e questa vulnerabilità può essere considerata per la parte di terreno più superficiale rimaneggiato.

La parte sottostante, che affiora tutta intorno all'area, è classificata con vulnerabilità bassa essendo *"sedimenti a grana fine praticamente privi di circolazione idrica sotterranea."*

Dalla Carta della Instabilità dei Versanti e della Pericolosità di Esondazione (scala 1:25.000-edizione 1994) l'area risulta zona *"a moderata pericolosità di frana, valutabile sulla base delle caratteristiche fisiche territoriali, ma prive di fenomeni gravitativi sia superficiali che profondi o di indicazioni morfologiche della loro esistenza."*

2.8 Pericolosità da P.A.I.

In questo paragrafo vengono considerati i tematismi di pericolosità geomorfologica e idraulica ai sensi della normativa vigente in materia di pericolosità e di rischio idraulico costituita dal Piano di Bacino stralcio "Riduzione del Rischio Idraulico" e "Assetto Idrogeologico" dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno:

2.8.1 P.A.I. rischio geomorfologico

La cartografia di dettaglio scala 1:10.000 classifica l'area in Pericolosità di Frana 3, all' "Art. 11 – Aree a pericolosità elevata da processi geomorfologici di versante e da frana.

Nelle aree P.F.3 sono consentiti, I nuovi interventi, gli interventi di ristrutturazione urbanistica nonché gli interventi di ristrutturazione edilizia diversi da quelli di cui all'art.10 sono consentiti a condizione che siano preventivamente realizzate le opere di consolidamento e di messa in sicurezza, con superamento delle condizioni di instabilità, relative al sito interessato dal nuovo intervento, previo parere favorevole dell'Autorità di Bacino sulla compatibilità di tali opere rispetto alle previsioni generali di sistemazione dell'area. Nel caso di frane quiescenti, qualora le opere di consolidamento e messa in sicurezza siano elemento strutturale sostanziale della nuova edificazione, è ammessa la contestualità.

2.8.2 P.A.I. rischio idraulico

L'area di intervento non risulta compresa nella cartografia di riferimento.

Dalla "Carta guida delle aree allagate" redatta sulla base degli eventi alluvionali significativi, si osserva come l'area non ricade in aree interessate da inondazioni.

2.9 Classificazione sismica

In base all'Ordinanza O.P.C.M. n° 3519 del 28/04/06 e Del. G.R. n. 431 del 19/06/06 (Riclassificazione sismica del territorio regionale), il Comune di Scarperia è tra quelli classificati sismici in zona 2.

In relazione a quanto specificato nella succitata Del. n. 431 del 19/06/06, si considerano, per la zona 2, i seguenti parametri:

- accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (ag/g)= 0,15-0,25.

- accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastica (ag/g)= 0,25.

Ai sensi del D.P.G.R 26/R 2007 e in base alla cartografia di supporto agli strumenti urbanistici comunali il grado di pericolosità sismico è S3 per la presenza di depositi sedimentari con possibile effetto di "amplificazione diffusa

del moto del suolo dovuta a fenomeni di amplificazione stratigrafica". Per i Comuni classificati a grado di pericolosità sismica S3, in zona 2 e nelle zone con possibile amplificazione stratigrafica, quale quella di progetto, si rende necessaria secondo il D.P.G.R 26/R 2007 "una campagna di indagini geofisica e geotecnica che definisca spessori, geometrie e velocità sismiche dei litotipi sepolti al fine di valutare l'entità del contrasto di rigidità sismica dei terreni tra alluvioni e bedrock sismico".

L'indagine sismica è stata condotta ed ha permesso di valutare l'entità del contrasto di rigidità sismica, i dettagli dell'indagine verranno sviluppati nei paragrafi seguenti.

2.10 Vincoli e Salvaguardie

Dalla carta dei vincoli allegata agli strumenti urbanistici comunali risultano i seguenti vincoli:

- vincolo di rispetto per area ferroviaria di 30 m (DGR 09/05/94 n°4386; DPR 11/07/80 n°753 art.49).

Il progetto non è sottoposto a vincolo paesaggistico per una fascia di 150 m dal piede dell'argine del Fiume Arno, ai sensi dell'art. 142 del Dlgs. 42/04 come si evince dall'allegato alla disciplina dei beni paesaggistici del P.I.T..

Dalla cartografia della Provincia di Firenze si evince che, secondo il Regio Decreto n° 3267 del 30/12/1923, il progetto non ricade nelle aree sottoposte a vincolo idrogeologico o forestale.

3. MODELLAZIONE GEOLOGICA

3.1 Analisi geologica, stratigrafica e strutturale

I litotipi che costituiscono i depositi del versante risultano essere caratterizzati da un materiale rimaneggiato superficiale di spessore variabile, oscillante tra il metro circa nella zona interessata dalla costruzione del potabilizzatore e uno spessore superiore ai 4 metri nella zona a valle dell'area interessata dal progetto, ma comunque interessata da opere accessorie dello stesso.

Si può supporre una suddivisione stratigrafica grossolana in un livello superiore, a composizione prevalentemente limoso-sabbiosa e spessore medio

attorno ai 2 m; e un livello inferiore a composizione argillosa, con uno spessore superiore ad una decina di metri.

3.2 Analisi geomorfologica

L'area in generale ha una morfologia di versante con pendenza generale di circa il 15%, ma avendo riscontrato modificazioni antropiche riconducibili soprattutto alle infrastrutture viarie del cantiere TAV, alle opere idrauliche sul corso d'acqua (Torrente Bagnoncino) ed alle modellazioni del terreno post cantiere e abbandono dell'area di Cavet, si presenta nello specifico con terrazzamenti suddivisi da tre scarpate, di cui quella più a valle con un dislivello in media superiore ai 6 metri, quella intermedia da 0m a circa 2 metri e quella più a monte con un dislivello superiore ai 3 metri.

La struttura principale è prevista all'interno del terrazzo centrale pianeggiante, con interessamento della scarpata di monte.

3.3 Analisi idrogeologica

Viste le caratteristiche argillose-lacustri dei terreni, nell'area la permeabilità è molto bassa, di conseguenza il deflusso idrico sotterraneo è praticamente assente, mentre è presente un deflusso idrico superficiale di ruscellamento fortemente incisivo nel primo metro di terreno, che risulta essere di riporto o fortemente alterato per alterazione climatica.

Durante i vari sopralluoghi è stata sempre ben visibile la presenza di acqua proveniente dalla zona di monte dell'area, probabilmente in corrispondenza di un vecchio impluvio rimaneggiato dall'azione antropica.

Proprio questo deflusso superficiale che si verifica nel primo metro al di sopra dei terreni lacustri impermeabili, ha originato, e potrebbe in futuro continuare ad originare, quei fenomeni di soliflusso che avevano portato ad una classificazione dell'area a pericolosità elevata.

3.4 Analisi idrologico-idraulica

Il corso del Torrente Bagnoncino risulta fortemente incassato, sia naturalmente nella valle a "V" generata dallo stesso, che per le opere di difesa spondale costruite da Cavet a ripristino dei luoghi e a tutela del territorio, terminati i lavori per la costruzione della Ferrovia.

Il pozzetto di raccolta delle acque per il successivo sollevamento all'impianto risulta essere completamente interrato e posto nei pressi dell'opera di raccolta delle acque provenienti dai drenaggi della galleria costruita dalla Regione Toscana.

L'impianto di Potabilizzazione risulta essere posto ad una quota superiore ai 10 m rispetto alla sponda del torrente Bagnoncino.

3.5 Indagini geognostiche

3.5.1. Criteri d'indagine

La prima indagine geognostica completa è stata eseguita durante l'iter per il declassamento dell'area da pericolosità geologica 4 a pericolosità geologica 3. La descrizione di quella campagna viene riportata di seguito in corsivo essendo estratta dalla relazione prodotta per la variante urbanistica dell'area in oggetto. A seguito della necessità di costruire delle opere di monitoraggio del versante, quali l'inclinometro, e la necessità di verificare lo stato dei luoghi, che risultano in parte modificati dopo la chiusura e bonifica dell'area di cantiere da parte di CAVET, si è proceduto con l'esecuzione di 5 saggi con escavatore nell'area di costruzione del potabilizzatore al fine di verificare visivamente il terreno su cui poggerà la struttura e lo spessore della copertura. Durante la costruzione dell'inclinometro si è proceduto al prelievo di campioni indisturbati per procedere alla comparazione con i dati della campagna geognostica precedente e per rispettare le nuove normative entrate in vigore successivamente alla prima campagna geognostica.

3.5.1.1. Descrizione dell'indagine 2007

Di seguito viene riportata la descrizione della campagna geognostica eseguita nel 2007:

Oltre ad aver studiato l'area in dettaglio attraverso sopralluoghi, ed informazioni bibliografiche, per pianificare nel migliore dei modi il progetto in questione, è stata effettuata una specifica campagna geognostica che ha previsto: l'esecuzione di una indagine geofisica mediante sismica a riflessione, due sondaggi a carotaggio continuo, quattro prove penetrometriche SPT, analisi

geotecniche di laboratorio sui due campioni prelevati, e misure piezometriche. In seguito sono state eseguite cinque prove penetrometriche CPT ed una prova penetrometrica SCPT/DPSH.

Indagine Geofisica (da relazione 2007)

Lo scopo dell'indagine è stato quello di caratterizzare dinamicamente, tramite il calcolo delle velocità di propagazione delle onde di compressione (P) e di Taglio (SH), le litologie presenti nell'area d'indagine e determinare la geometria (spessori e superfici di contatto) del sottosuolo.

L'indagine ha puntualmente localizzato in profondità l'andamento della superficie di contatto tra i materiali di copertura superficiale, relativi a materiale di riporto e detrito di copertura, ed il substrato argilloso.

La superficie del substrato argilloso, nell'area indagata, si localizza ad una profondità che varia, rispetto al piano campagna, da circa 3.3 m di profondità nel profilo eseguito mediante onde P, a circa 4.6 m nel profilo eseguito mediante onde SH.

Le fluttuazioni di velocità delle onde sismiche compressionali che si notano dall'analisi delle velocità e delle curve di isovelocità, testimoniano, in generale, di locali cambiamenti nel grado di fratturazione o allentamento dei materiali stessi, altrimenti individuano passaggi laterali tra litotipi diversi. A parità di altre condizioni, infatti, a velocità maggiori corrispondono materiali più addensati o a minor degrado e viceversa a velocità inferiori, materiali a minor addensamento o a maggior degrado.

Le variazioni di velocità delle onde sismiche compressionali osservate nei materiali più superficiali sono risultate limitate, e testimoniano la presenza di una coltre superficiale di riporto omogenea, presente soprattutto lungo la parte iniziale della sezione, così come ben evidenziato dalle sezioni tomografiche eseguite in allegato.

I materiali più superficiali presentano un rapporto V_p/V_s mai superiore a 3.0, e con spessori maggiori nel tratto iniziale (materiale di riporto). I materiali appartenenti al substrato argilloso presentano invece un rapporto generalmente variabile tra 4.0 e 6.0. Da rilevare come a profondità superiori ai 10/15 m, ed in superficie, si osservino valori del rapporto che raggiungono valori di ca. 7.0-8.0. A conferma di quanto già evidenziato in precedente le variazioni del rapporto

all'interno dei materiali appartenenti al substrato argilloso sembrano indicare materiale a diverso grado di compattazione e/o variazioni composizionali dei materiali.

Complessivamente l'intervento ha evidenziato una superficie di passaggio tra i materiali più superficiali relativi a materiale di riporto e detrito di copertura ed il substrato argilloso.

La Vs30 calcolata in ottemperanza al nuovo D.M. 23/09/2005 "Norme Tecniche per le Costruzioni" è risultata essere pari a 302,79 m/s relativa ad un suolo di fondazione di Categoria C.

Sondaggi a carotaggio continuo (da relazione 2007)

Sono stati eseguiti due sondaggi, con perforazione ad andamento verticale, eseguita a rotazione a carotaggio continuo, con carotieri semplici di diametro 101 mm, e con percentuali di recupero superiori all'85% in terreni a granulometria fine come nel caso oggetto della relazione in esame.

Nel sondaggio numero 1, eseguito fino ad una profondità di 20 metri, sono stati estratti due campioni, il primo ad una profondità tra 2.20 e 2.80 metri, il secondo tra 4.20 e 4.70 metri. Su questi campioni sono state effettuate una prova edometrica, una prova di taglio diretto, ed una prova di taglio diretto (UU). Inoltre, sempre nel sondaggio numero 1 sono state effettuate due prove S.P.T., la prima ad una profondità compresa tra 3.50 e 3.95 metri, la seconda ad una profondità compresa tra 4.70 e 5.15 metri.

Nel sondaggio numero 2, eseguito fino ad una profondità di 10 metri, sono stati estratti due campioni, il primo ad una profondità tra 2.00 e 2.50 metri, il secondo tra 3.70 e 4.30 metri. Su questi campioni sono state effettuate una prova edometrica, una prova di taglio diretto, ed una prova di taglio diretto (UU). Inoltre, sempre nel sondaggio numero 2 sono state effettuate due prove S.P.T., la prima ad una profondità compresa tra 2.50 e 2.95 metri, la seconda ad una profondità compresa tra 4.30 e 4.75 metri.

Le stratigrafie, visibili in allegato, hanno evidenziato, da un punto di vista litologico, la presenza di limo argilloso per tutto lo spessore di entrambi i sondaggi.

Prove penetrometriche (da relazione 2007)

Sono state effettuate due prove penetrometriche S.P.T. (Standard Penetration Test) per ogni foro di sondaggio, con campionatore tipo Raymond, con dispositivo munito di sgancio automatico e di centratori sulle aste.

Tali prove consistono nell'infissione nel terreno di una punta a pareti grosse (tipo Raymond), che consente di valutare la resistenza meccanica del terreno alla penetrazione, in base al numero di colpi infissi da un apposito maglio per un dato avanzamento (vedi allegato). Il numero di colpi N non è mai stato superiore a 15. Inoltre sono state effettuate cinque prove C.P.T. con punta conica standard infissa nel terreno a velocità costante, ed una prova S.C.P.T./D.P.S.H., che consiste nella resistenza alla penetrazione di una punta conica infissa nel terreno per battitura di un maglio standard di oltre 60 kg di peso. Le ubicazioni delle prove penetrometriche sono visibili nel paragrafo successivo. I risultati delle prove penetrometriche hanno confermato quanto riscontrato nel corso del sondaggio a carotaggio continuo, unicamente nella CPT 5, si è riscontrata la presenza di un terreno con caratteristiche meccaniche migliori e di natura probabilmente limosa (vedi allegato).

Complessivamente il numero di colpi SPT, da correlazioni effettuate con le prove CPT e DPSH, ha confermato quanto rilevato nel corso del sondaggio a carotaggio continuo con valori di $N=3$ per i primi cinque metri di profondità, valori di $N=6$ fino ad otto metri e valori di $N=19$ fino a dieci metri.

3.5.1.2. Analisi Geotecniche di laboratorio 2007

Analisi granulometriche (da relazione 2007)

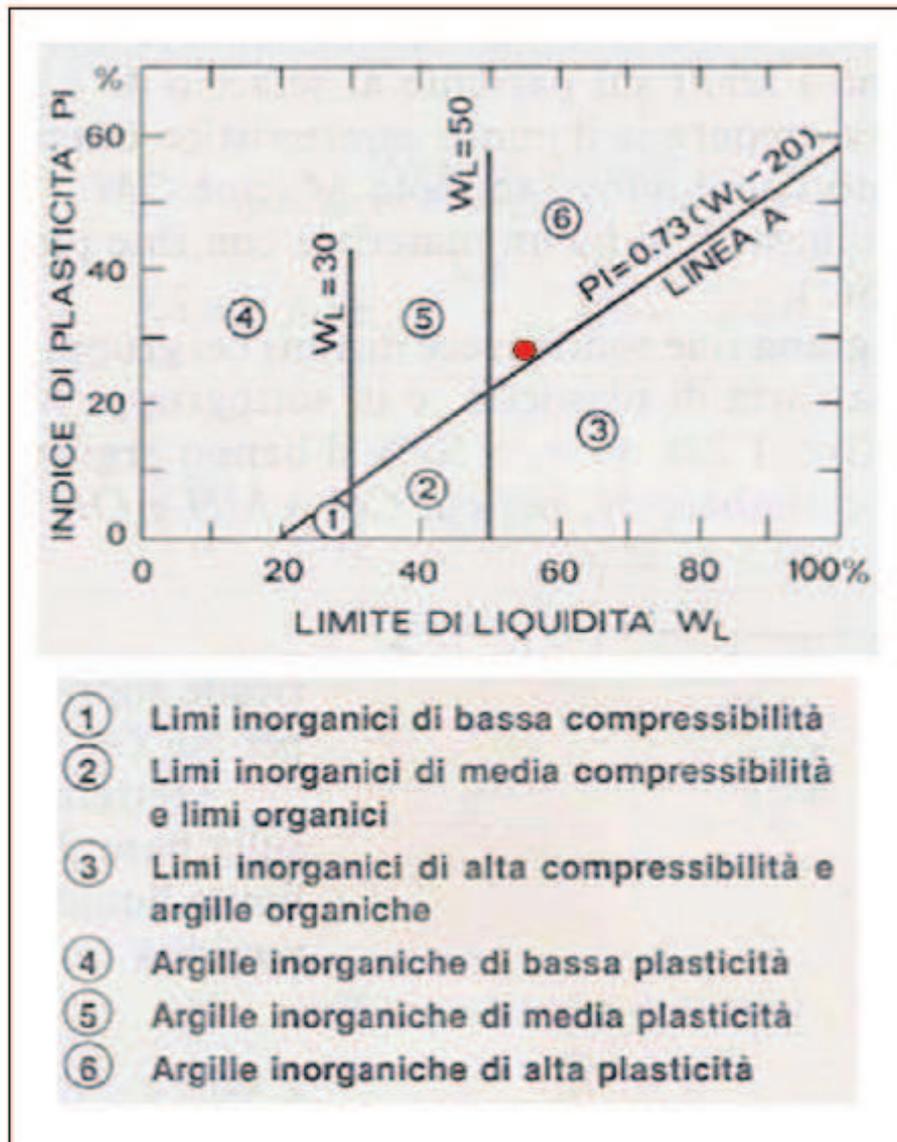
Sono state effettuate delle analisi granulometriche su campioni disturbati ottenuti direttamente dalle carote dei due sondaggi. In particolare, sul sondaggio 1, sono stati prelevati due campioni di terra a 2.80 e 4.10 metri di profondità, nei quali si è determinato la distribuzione granulometrica del campione di terreno, mediante analisi per vagliatura (setaccio ASTM 200), e mediante analisi per sedimentazione, quest'ultima ottenuta effettuando letture della densità del terreno in sospensione.

Le stesse analisi granulometriche sono state effettuate su due campioni prelevati ad una profondità di 1.90 e 4.60 metri sulla carota ottenuta dal sondaggio 2.

Limite di Attemberg (da relazione 2007)

Sono stati prelevati due campioni (alle profondità di 2.5 e 5 metri) per ogni carota di sondaggio e, per ognuno (quattro in tutto quindi), è stato determinato il contenuto d'acqua per il quale avviene il passaggio dallo stato semiliquido allo stato plastico (limite di liquidità) e dallo stato plastico allo stato semisolido (limite di plasticità). I risultati delle prove sono visibili nella tabella successiva.

LIMITI DI ATTERBERG	CAMPIONE 1		CAMPIONE 2	
	2.5 metri	5 metri	2.5 metri	5 metri
W liquido	54.5	54.6	57.7	59.2
W plastico	25.5	28.3	29.1	31.3
I plasticità	29.1	26.4	28.6	27.9
I consistenza	0.3	0.4	0.5	0.5



III diagramma di plasticità di Casagrande

Determinazione del contenuto naturale di acqua (da relazione 2007)

La prova consiste nella determinazione del contenuto d'acqua dei terreni mediante differenza tra peso del campione umido e peso del campione essiccato in forno termostato a 105°C. Le prove di laboratorio, per il campione numero 1, hanno rivelato un contenuto naturale di acqua del 47,8%; per il campione numero 2 del 44.5%.

Determinazione della massa di volume apparente (da relazione 2007)

La prova consiste nella determinazione della massa di volume apparente del terreno, ottenuto tra il rapporto della massa del campione, ed il suo volume.

Tale rapporto, per il campione numero 1, è risultato essere; per il campione numero 2 è risultato 1,784 gr/cm³.

Prova di taglio diretto CD (da relazione 2007)

Questa prova di taglio diretto consolidata drenata C.D., consiste nella determinazione dei soli valori di picco con raggiungimento di una deformazione orizzontale non inferiore al 20%. La prova è stata eseguita su entrambi i campioni estratti, secondo le modalità, le specifiche e le normative di riferimento ASTM D 3080_90.

L'esecuzione della prova di taglio diretto CD, su entrambi i campioni, ha dato i seguenti risultati:

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CD	CAMPIONE 1	CAMPIONE 2
ϕ' (°)	24	25
C' (kg/cm ²)	0.37	0.01

Prova di compressione edometrica (da relazione 2007)

La prova è stata eseguita su entrambi i campioni estratti, secondo le modalità, le specifiche e le normative di riferimento ASTM D 2435_90, e consiste nella determinazione dell'entità e della velocità di consolidazione di terreni coesivi soggetti ad incrementi tensionali. L'esecuzione della prova di compressione edometrica, su entrambi i campioni, ha dato i seguenti risultati:

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA	METRI	CAMPIONE 1	CAMPIONE 2
E (kg/cm ²)	0.25-0.5	71	62
	0.5-1	77	61
	1-2	93	65
	2-4	101	71
	4-8	145	87
	8-16	134	122
	16-32		
Cc		0.449	0.469

Prova di taglio diretto (UU) (da relazione 2007)

La prova è stata eseguita su entrambi i campioni estratti secondo le seguenti modalità: una volta preparato, il campione viene messo nella scatola di taglio si applica il carico assiale pari ad 1-2-3 kg/cm² e si procede immediatamente alla rottura con velocità variabile da 1.0 mm/sec. a 1.5 mm/sec. L'esecuzione della prova di taglio diretto UU, su entrambi i campioni, ha dato i seguenti risultati:

PROVA DI TAGLIO DIRETTO UU	CAMPIONE 1	CAMPIONE 2
ϕ (°)	25	8
Cu (kg/cm ²)	0.69	0.68

Tutte le analisi e le prove geotecniche di laboratorio, sono visibili in allegato.

3.5.2.1. Descrizione dell'indagine 2011

A completamento delle indagini geognostiche eseguite nel 2007 è stato posto in opera un inclinometro su cui verranno eseguite le misure di monitoraggio del versante. Durante le operazioni di costruzione si è proceduto al carotaggio continuo con recupero del terreno ed esecuzione di prove SPT in foro.

L'analisi delle carote prelevate ha permesso di evidenziare come siano presenti a diverse quote lenti di sabbie e ghiaietto, in matrice argillosa in cui è presente una lieve circolazione idrica.

La stratigrafia dettagliata e le fotografie sono in allegato.

Le prove SPT in foro hanno dato valori molto simili a quelli del 2007, soprattutto intorno ai 5 metri di profondità dove sicuramente il sottosuolo risulta poco alterato, mentre in quella a quota di circa 3 metri c'è una lieve differenza da 11 (2007) a 15 (2011).

Inoltre durante le fasi di carotaggio sono stati prelevati 2 campioni indisturbati alle quote indicate nello schema allegato.

Durante i vari sopralluoghi sono stati eseguiti dei saggi per verificare lo spessore del materiale di riempimento che caratterizza l'area di futura costruzione dell'impianto. Gli spessori risultano variabili da 0,50 m a 1,3 m.

3.6. Azione sismica

3.6.1 Categoria suolo di fondazione

Ai sensi delle nuove norme tecniche sulle costruzioni deve essere definita la categoria di suolo di fondazione.

A seguito dell'indagine sismica si assegna la categoria di suolo di fondazione di **tipo C** ai sensi dell'O.P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003 e del D.M.14/01/08.

La classe C comprende *"Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu_{,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina)".*

Questa categoria del suolo di fondazione è stata confermata anche da altre indagini eseguite all'intorno dell'area. In allegato è presente l'indagine sismica in foro eseguita a nord dell'area in oggetto, nell'area dell'autodromo internazionale del Mugello.

4.6.2 Spettro di risposta elastico

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008 la stima della pericolosità sismica, intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido ($V_{s30} > 800$ m/s), viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente".

Ciò comporta delle non trascurabili differenze nel calcolo dell'accelerazione sismica di base rispetto alle precedenti normative.

Con le precedenti normative in campo antisismico, applicando il criterio "zona dipendente" avremmo potuto stimare l'accelerazione di base (senza considerare l'incremento dovuto ad effetti locali dei terreni) in maniera automatica.

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008 la classificazione sismica del territorio è scollegata dalla determinazione dell'azione sismica di progetto, mentre rimane il riferimento per la trattazione di problematiche tecnico-amministrative connesse con la stima della pericolosità sismica.

Pertanto (secondo quanto riportato nell'allegato A del D.M. 14 gennaio 2008) la stima dei parametri spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto viene effettuata calcolandoli direttamente per il sito in esame, utilizzando come riferimento le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento (riportato nella tabella 1 nell'Allegato B del D.M. 14 gennaio 2008).

Nella tabella 1 dell'Allegato B del D.M. 14 gennaio 2008 sono riportati i valori dei parametri spettrali (per un tempo di ritorno pari a 475 anni) del punto in cui ricade l'area di in particolare a_g e espresso in $g/10$ (dove g è l'accelerazione di gravità), F_0 è adimensionale, mentre T^*c è espresso in secondi.

Di seguito si riportano i parametri sismici del sito in oggetto calcolati mediante software "geostru PS parametri sismici".

DATI GENERALI

Azione sismica	NTC 2008
Zona	Potabilizzatore Scarperia
Lat./ Long. [WGS84]	43,990099/11,370943
Larghezza fondazione	10,0 m
Lunghezza fondazione	20,0 m
Profondità piano di posa	1,5 m
Sottofondazione...Sporgenza, Altezza	0,2/0,2 m

SISMA

Accelerazione massima (a_g/g)	0,188
Effetto sismico secondo NTC (C7.11.5.3.1)	
Fattore di struttura [q]	3
Periodo fondamentale vibrazione [T]	0,25

RELAZIONE GEOLOGICA

Nuova centrale di potabilizzazione "Autodromo" serbatoio di accumulo, centrale di pompaggio

Coefficiente intensità sismico terreno [Khk] 0,0377

Coefficiente intensità sismico struttura [Khi] 0,4561

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera: 2 - Opere ordinarie

Classe d'uso: Classe IV

Vita nominale: 50,0 [anni]

Vita di riferimento: 100,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T4

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	60,0	0,88	2,42	0,27
S.L.D.	101,0	1,11	2,42	0,27
S.L.V.	949,0	2,55	2,4	0,29
S.L.C.	1950,0	3,17	2,41	0,31

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	1,848	0,2	0,0377	0,0188
S.L.D.	2,331	0,24	0,0571	0,0285
S.L.V.	4,7322	0,28	0,1351	0,0676
S.L.C.	5,4701	0,28	0,1562	0,0781

3.7 Versanti stabilità globale

3.7.1. Considerazioni generali sulla stabilità

L'area in oggetto risultava essere classificata nei documenti del regolamento urbanistico vigente in classe di pericolosità geologica 4 e per il Piano di Assetto Idrogeologico dell'Autorità di bacino del fiume Arno in aree a pericolosità di frana 3.

L'intervento in progetto non poteva essere delocalizzato essendo presente alla base del pendio il pozzetto di raccolta delle acque provenienti dai drenaggi della galleria della TAV e la stessa area era stata rimaneggiata ed utilizzata dalla società CAVET per la creazione del campo base di accesso alla galleria.

Le movimentazioni di terreno, che hanno permesso di ridurre la pendenza generale del versante e la creazione di piazzali di cantieri, ha sicuramente migliorato la situazione generale dell'area, ma le movimentazioni successive alla chiusura del cantiere con riprofilatura del versante verso il suo aspetto originario, ha ripresentato le problematiche iniziali del versante.

Per procedere all'abbassamento della categoria di pericolosità geologica è stato necessario indicare nelle relazioni consegnate all'Ufficio del Genio Civile le opere di bonifica del versante e di controllo dello stesso.

3.7.2. Verifiche di stabilità del versante

Le verifiche di stabilità del versante sono state eseguite semplificando la geometria dei terreni di sottosuolo.

I calcoli di verifica sono stati eseguiti con il programma SLOPE di Geostru, prima in tre fasi:

stato attuale

stato con carico da progetto

stato con opere di mitigazione del versante

I metodi di analisi della stabilità dei pendii sono metodi riferiti alla teoria dell'equilibrio limite, che quindi ipotizzano per il terreno un comportamento rigido- perfettamente plastico, cioè si suppone a priori che il terreno non si

deformi fino al raggiungimento della condizione di rottura, e che la resistenza al taglio si mantenga costante e indipendente dalle deformazioni accumulate.

Da tale ipotesi, fortemente semplificativa, consegue che:

- A. la rottura si manifesta lungo una superficie netta di separazione tra la massa in frana e il terreno stabile,*
- B. la massa in frana è un blocco indeformato in moto di roto-traslazione rigida,*
- C. la resistenza mobilitata lungo la superficie di scorrimento in condizioni di equilibrio limite è costante nel tempo, indipendente dalle deformazioni e quindi dai movimenti della frana, e ovunque pari alla resistenza al taglio,*
- D. non è possibile determinare né le deformazioni precedenti la rottura, né l'entità dei movimenti del blocco in frana, né la velocità del fenomeno.*

Inoltre la maggior parte dei metodi di verifica della stabilità dei pendii considerano il problema piano (cioè ipotizzano che la superficie di scorrimento sia di forma cilindrica con direttrici ortogonali al piano considerato), analizzando di norma una o più sezioni longitudinali del versante e trascurando gli effetti tridimensionali.

L'affidabilità dei risultati dipende quasi esclusivamente dalla corretta schematizzazione del fenomeno e dalla scelta dei parametri geotecnici caratteristici del progetto che, proprio a causa della scarsa aderenza alla realtà fisica del modello costitutivo adottato per il terreno, devono essere stabiliti e ponderati con grande attenzione.

In questo caso siamo in presenza di un versante che ha subito diverse trasformazioni a causa dei lavori eseguiti per la costruzione della linea ferroviaria Firenze-Bologna.

Le trasformazioni principali dell'area sono sintetizzabili in queste fasi:

1. scavi e rimodellamento del versante per costruire aree di cantiere piane
2. creazione di sottofondi stradali con massicciate e quant'altro necessario per il cantiere
3. riempimenti e rimodellamento del versante al fine di bonificare e riconsegnare l'area.

Le indagini geologiche, idrogeologiche e geotecniche eseguite nell'area risultano complete per una valutazione generale della stabilità del pendio, anche se devono essere considerate le lievi variazioni locali e puntuali nel versante.

La schematizzazione del versante in oggetto non è semplice e lineare, perché non sono note le caratteristiche dei rilevati e dalle indagini eseguite risultano spessori variabili con spessori elevati nella zona di valle e di monte (soprattutto dopo le operazioni di bonifica e ripristino).

Il pendio è stato schematizzato come indefinito con filtrazione parallela al pendio modello utilizzato per verificare la stabilità di una coltre di terreno, relativamente permeabile e di spessore quasi costante, su un substrato di terreno non alterato o poco alterato, poco permeabile e stabile, allorché in seguito a prolungate piogge diviene sede di un moto di filtrazione parallelo al pendio.

L'altezza della falda viene messa in relazione alla durata e all'intensità della pioggia, ed al coefficiente di assorbimento del terreno.

Poiché il rapporto $\gamma' / \gamma_{\text{sat}}$ è circa pari a 0,5, ne consegue che la presenza di un moto di filtrazione parallelo al pendio con livello di falda coincidente con il piano campagna riduce il coefficiente di sicurezza ad un valore che è circa la metà del coefficiente di sicurezza del pendio asciutto o immerso in acqua in quiete.

3.7.3 Definizione di interventi a favore della stabilità

Dall'analisi delle cartografie esistenti, e dalle prescrizioni previste nei Regolamenti Comunali e dell'autorità di Bacino del Fiume Arno, e dalle indicazioni dell'Ufficio del Genio Civile di Firenze, per la riduzione del Rischio geomorfologico dell'area devono essere previste:

1. opere di difesa del versante a monte della struttura in progetto
2. opere di monitoraggio dell'area oggetto di cantiere
3. opere di difesa del versante nella parte a valle della viabilità
4. opere di regimazione delle acque superficiali, in tutta l'area di proprietà e soprattutto al confine della stessa, non essendo possibile conoscere come verranno gestite le acque superficiali dai vicini.

5. opere di regimazione della acque sotterranee interessanti il primo metro di terreno

3.7.3.1 Muro di contenimento in c.a.

La presenza di un versante a monte dell'area di proprietà con una pendenza media del 15% e con la parte superficiale composta da materiale di riporto, non compattato e comunque con una forte differenza di caratteristiche litologiche con il sub strato impermeabile sottostante, obbliga alla costruzione di un muro di contenimento in c.a. che a causa dei nuovi profili topografici creatisi dopo la sistemazione Cavet raggiungerà i 3 metri di altezza ed avrà una lunghezza di circa 80 metri.

Il muro sarà costruito in c.a e secondo le buone regole a tergo dello stesso verrà posto un riempimento drenante con tubi di raccolta alla base per l'allontanamento delle acque.

3.7.3.2 Opere di monitoraggio

Per il controllo del versante sia in fase di cantiere che successive è stato costruito un inclinometro della profondità di 20 metri, nell'area centrale del versante.

3.7.3.3 Terre armate

Per la stabilità della scarpata di valle, considerando il forte dislivello di circa 8 metri e la necessità di tutelare il controllo del versante sia in fase di cantiere che nel lungo periodo, considerando anche di ridurre l'impatto sull'intero paesaggio, si è prevista la costruzione di una terra armata che permetterà di contenere la parte bassa del versante interessata dall'intervento che è anche quella che presenta la maggior presenza di materiale di riporto e rimaneggiato in varie fasi del cantiere Cavet.

Questa è la zona che il programma di verifica ha individuato come maggiormente critica e necessaria d'intervento.

La costruzione delle terre armate che presentano un angolo rispetto all'orizzontale di circa 60°, hanno la necessità di creare delle ali laterali per raccordarsi con il versante esistente. In allegato si allega il calcolo di verifica preliminare delle terre armate e lo schema costruttivo, che dovrà comunque essere verificato ed approvato dalla ditta costruttrice.

3.7.3.4 Regimazione acque piovane

Come si osserva dalla cartografia, l'area è interessata da fenomeni di scivolamento superficiale; durante i sopralluoghi sono stati individuati alcuni punti dove questi fenomeni tendono ad innescarsi a causa di una assente regimazione delle acque superficiali. Durante i sopralluoghi è stata individuata inoltre una diffusa presenza di acqua di circolazione sia superficiale che ipodermica che ha originato forme superficiali di erosione concentrata, situazione agevolata sia dal materiale di riporto/rimodellamento scarsamente compattato, sia dall'assenza totale di erba.

Deve essere previsto quindi un sistema di canalette superficiali, in c.a. prefabbricato ad incastro, che raccolga tutte le acque provenienti da monte.

Queste canalette si dovranno sviluppare lungo la recinzione ed essere convogliate nel punto già presente di raccolta delle acque al termine della viabilità e nei pressi del futuro cancello del Potabilizzatore.

La tubazione, che già attraversa la viabilità, nella scarpata di valle dovrà essere protetta con canalette in cemento e alla base dovrà essere previsto un pozzetto di salto per ridurre l'energia delle acque. Le stesse dovranno poi essere convogliate direttamente nella sponda del Torrente Bagnoncino e non essere abbandonate come attualmente viene fatto nella zona posteriore le gabbionate spondali del corso d'acqua.

Le canalette dovranno essere pulite con periodicità semestrale, soprattutto prima della stagione invernale, perché potrebbero intasarsi con foglie o terreno e quindi far fuoriuscire le acque e creare danni alle strutture.

Per quanto riguarda la viabilità di accesso dovranno essere previste canalette sia a monte che a valle della strada ed essere previste delle grate perpendicolari alla viabilità che raccolgano le acque superficiali e le convogliino nelle canalette laterali.

Per il piazzale della centrale sono già state previste canalizzazioni delle acque del piazzale e dei tetti, che verranno convogliate nello stesso punto previsto per le altre canalette.

3.7.3.5 Regimazione acque sub superficiali

La presenza di una circolazione ipodermica che superato il primo metro incontra un substrato impermeabile, può creare una superficie di scivolamento con scollamenti e crolli.

Per la stabilità della copertura superficiale, si prevede in corrispondenza delle canalette di regimazione delle acque superficiali, la posa di drenaggi prefabbricati per l'intercettazione delle acque infiltratesi.

Lungo questi drenaggi dovranno essere posti dei pozzetti per la verifica del corretto funzionamento, ed uno di raccolta finale da raccordare con lo scarico finale previsto per le superficiali.

Lo stesso tipo di drenaggio deve essere posto a tergo del muro di contenimento posto a monte.

3.8. MODELLO GEOLOGICO DI SINTESI PER LA PROGETTAZIONE

Nel seguente paragrafo viene descritta la successione litostratigrafica ricavata dalle indagini eseguite nell'area di intervento

Le indagini geognostiche svolte, hanno fornito dati aggiuntivi al quadro delle conoscenze geologiche e geologico-tecniche sui terreni dell'area interessata al progetto.

Le litologie riscontrate nel corso dei sondaggi a carotaggio continuo, hanno evidenziato la presenza di una coltre di terreni limosi-argillosi scarsamente sabbiosi, localmente con intercalazioni argilloso-limose. Tale litologie sono state riscontrate fino alle massime profondità di indagine che sono state di 20 metri per il sondaggio 1 e di 10 metri per il sondaggio 2; dall'esecuzione delle prove penetrometriche sia statiche che dinamiche, si è potuta riscontrare una uniformità litologica su tutta l'area.

Le analisi effettuate sui campioni prelevati nel corso dei sondaggi hanno permesso di classificare i terreni e di determinarne i principali parametri geotecnica. Da un punto di vista composizionale, siamo in presenza di limi argillosi scarsamente sabbiosi con indice di plasticità medio del 28% ed un limite liquido medio del 56.5%.

Nel diagramma di plasticità di Casagrande, tali terreni sono classificati come argille inorganiche. L'indice di consistenza rappresenta lo stato di plasticità in cui si trova attualmente il terreno; in corrispondenza del sondaggio numero 1, ci sono valori compresi tra 0.26, per il campione alla profondità di 2.5 metri da piano campagna, e 0.39 per il campione prelevato a 5 metri di profondità;

attualmente quindi i terreni sono di consistenza medio-bassa (plastici). L'indice di consistenza nel sondaggio numero 2 è praticamente uniforme con un valore di 0.5, il che dà un indice di una consistenza plastica medio-elevato.

Lo stato di attività è rappresentativo dell'influenza della frazione argillosa sul comportamento del terreno; i valori riscontrati variano tra 0.61 e 0.67, nel sondaggio numero 1 e tra 0.72 e 0.81, nel sondaggio numero 2, indice quindi di un basso stato di attività. La meccanica di questi terreni può essere analizzata quindi considerando prevalentemente la loro frazione limosa.

La situazione litotecnica, da un punto di vista meccanico, risulta essere di livello medio, con angolo di attrito medio di 20.5° e coesione media di 0.52 kg/cm², e contenuto d'acqua medio di 46.1%. Tali caratteristiche meccaniche, possono essere messe in relazione con il fatto che il materiale si trova in condizione di parziale saturazione che può essere dovuta alla parziale impermeabilizzazione delle superfici ed alla presenza di un efficace sistema di regimazione delle acque superficiali e meteoriche.

Le condizioni di relativo addensamento dei terreni, sono state evidenziate anche dall'esecuzione di uno stendimento sismico a rifrazione condotto con energizzazioni ad onde P ed Sh.

Nello strato prossimo alla superficie, le velocità riscontrate raggiungono 400-600 m/s, più in profondità arrivano a 1000-1500 m/s. La superficie individuata nel corso della prospezione sismica non rappresenta una superficie di scollamento all'interno dei materiali limosi, bensì una fascia di minor addensamento superficiale dovuta alla rimodellazione del versante nel corso dei lavori per l'installazione del cantiere TAV. Tale ipotesi è stata riscontrata anche dai due sondaggi effettuati, che non hanno evidenziato evidenti discontinuità geologiche all'aumentare della profondità.

In sintesi siamo in presenza di terreni limosi con una frazione argillosa nel complesso scarsamente attivi e di plasticità medio-bassa.

La successione stratigrafica ed i parametri geotecnici medi risultano i seguenti:

STRATO I	Terreno di riporto misto
Prof. compresa tra 0,0 e 1,0 m	
STRATO II	Argille limose plastiche
Prof. compresa tra 1,0 m e 2,4 m	$c_u=0,40$ kg/cmq, $\gamma=1,85t/mc$, $E_d=70$ Kg/cmq

RELAZIONE GEOLOGICA

Nuova centrale di potabilizzazione "Autodromo" serbatoio di accumulo, centrale di pompaggio

STRATO III	Argille consistente
Prof. compresa tra 2,4 m e 4,8 m	$c_u=0,60$ kg/cmq, $\gamma=1.88$ t/mc, $E_d=50$ Kg/cmq
STRATO IV	Argilla molto consistente
Prof. compresa tra 4,8 m e 20,0 m	$c_u=0,80$ kg/cmq, $\phi=29^\circ$ $\gamma=1,90$ t/mc, $E_d=240$ Kg/cmq

4. PERICOLOSITA' IDRAULICA E MITIGAZIONE DEL RISCHIO.

La zona non è soggetta a pericolosità idraulica e quindi non ha necessità di mitigazione del rischio.

5. CONCLUSIONI

Sulla base dei risultati ottenuti si conclude che l'intervento in progetto risulta compatibile con la situazione geologica rilevata, rispettando le indicazioni di tutela del territorio e del versante come previsto ed indicato nei paragrafi precedenti.

TAVOLE

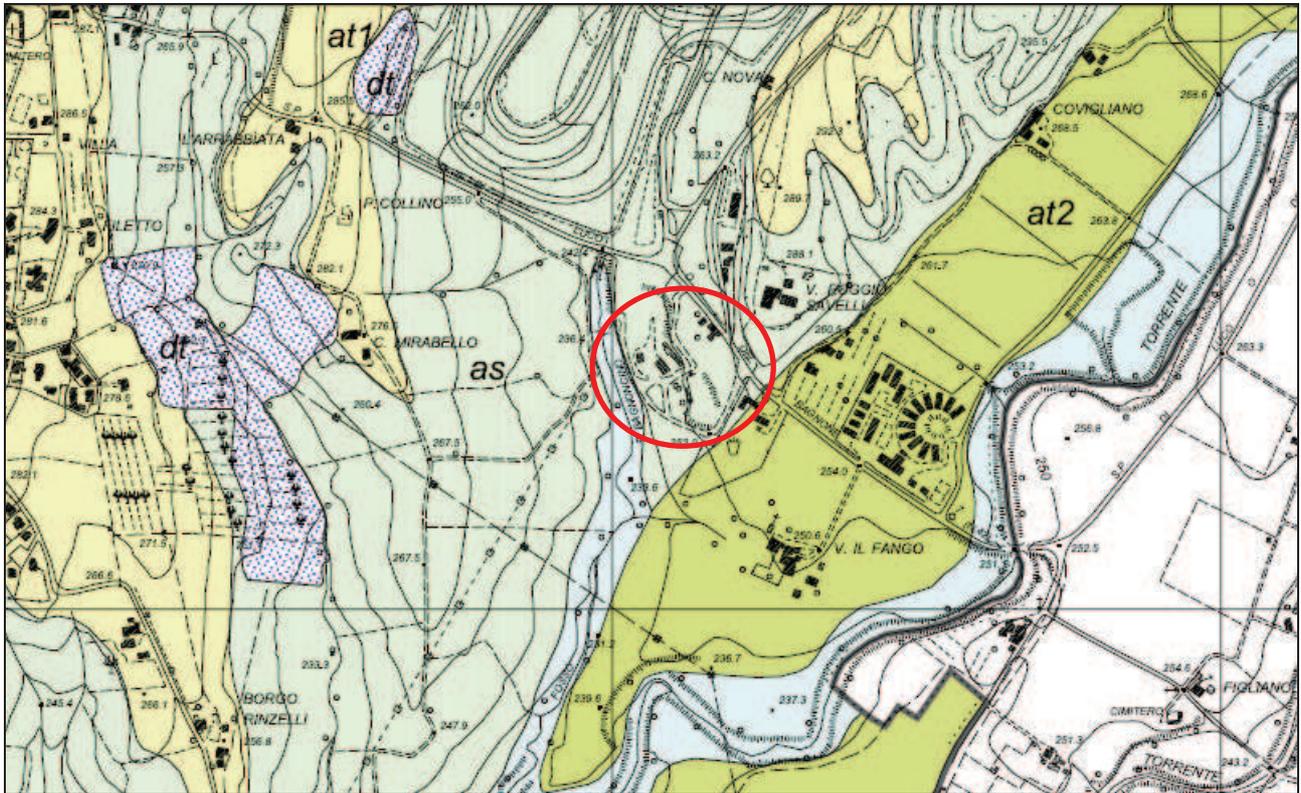
Tavola 1 - Ubicazione da foto aerea

(Tratto da Google Earth)



Tavola 2 - Inquadramento geologico

(Estratto dal Piano Strutturale – Comune di Scarperia)



LEGENDA

COPERTURE DETRITICHE

DEPOSITI FLUVIALI



Detrito di falda

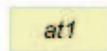


Accumulo gravitativo di materiale eterogeneo ed eterometrico privo di evidenze di movimenti in atto

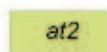


ALLUVIONI: ciottolami bruno-grigiastri classati ed embriciati intercalati a sabbie, silt e argille (Olocene)

ALLUVIONI TERRAZZATE:

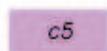


ciottolami bruno-giallastri intercalati a sabbie, silt e argille (Pleistocene medio- Pleistocene superiore)

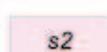


ciottolami rossastri intercalati a silt sabbiosi rossastri massicci (Pleistocene medio)

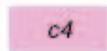
DEPOSITI FLUVIO-LACUSTRI



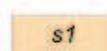
Ghiaie e ciottolami rossastri ben classati ed embriciati



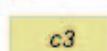
Sabbie giallastre medio-fini a laminazione piano-parallela orizzontale



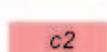
Ciottolami giallo-rossastri a tessitura clasto-sostenuta; limi sabbiosi massicci con gasteropodi e bioturbazione da radici



Sabbie giallastre medio-grossolane a laminazione piano-parallela; sabbie medio-fini a laminazione inclinata e piana; limi sabbiosi massicci

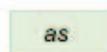


Ciottolami giallastri da scarsamente a ben classati in strati tabulari con gradazione da inversa a normale



Ciottolami giallo-grigiastri polimodali da subangolosi a mediamente arrotondati a tessitura da matrice a clasto sostenuta

DEPOSITI LACUSTRI

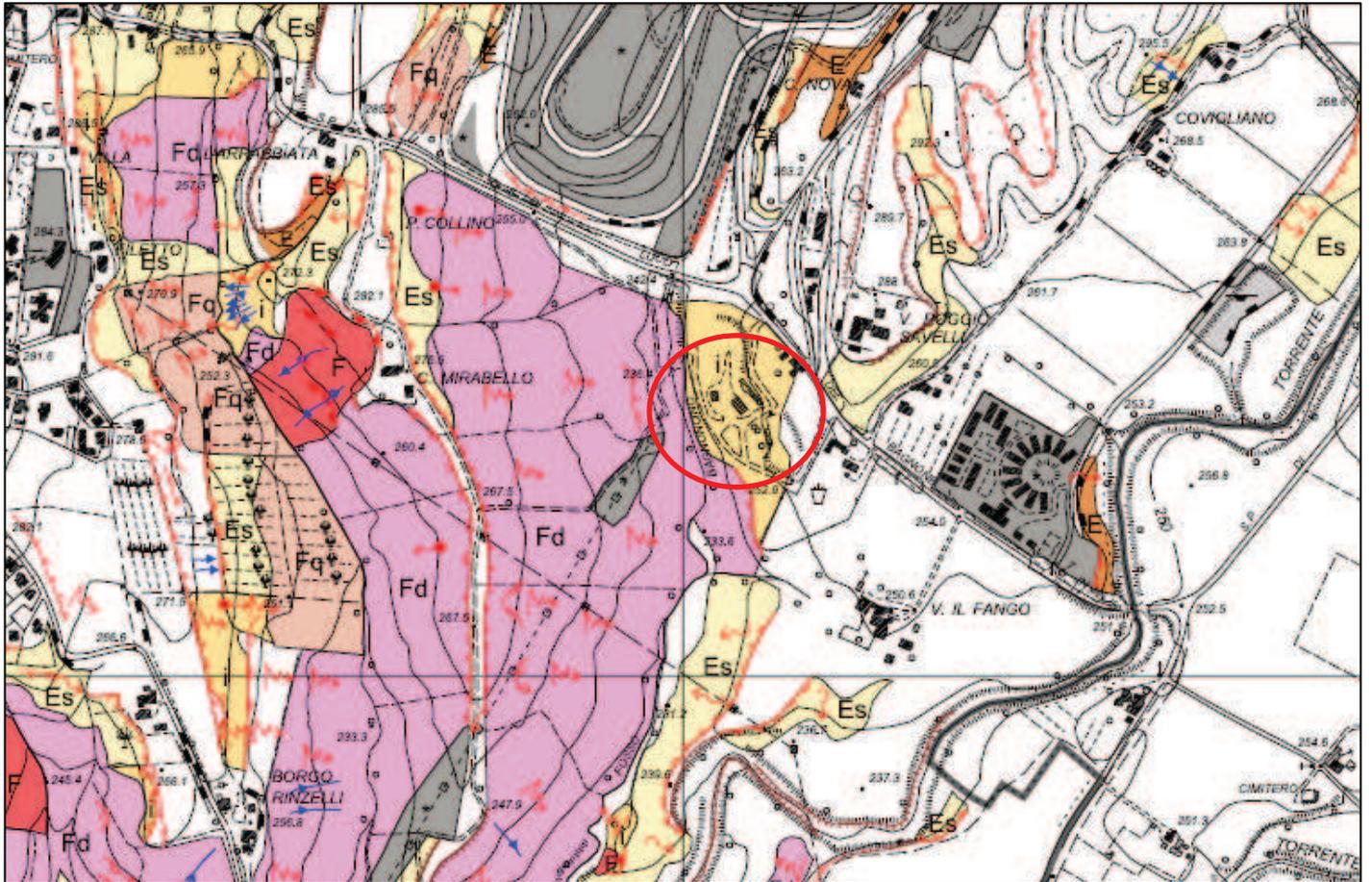


Argille siltoso-sabbiose con resti vegetali

Pleistocene superiore - Miocene inferiore

Tavola 3 - Inquadramento geomorfologico

(Estratto dal Piano Strutturale – Comune di Scarperia)



LEGENDA (tav. 3)

1 FORME E PROCESSI DI EROSIONE IDRICA E DEL PENDIO

Forme di denudazione o erosione

	Orlo di scarpata fluviale o di terrazzo
	Orlo di scarpata in erosione
	Orlo di scarpata non in erosione
	Orlo rimodellato di scarpata o debole rottura di pendio
	Area soggetta ad erosione profonda
	Area soggetta ad erosione superficiale
	Area, di limitata estensione, soggetta ad erosione superficiale
	Alveo con tendenza all'approfondimento

2 FORME E PROCESSI DOVUTI A GRAVITA'

2.1 Forme di denudazione

	Orlo attivo di scarpata di frana
	Orlo non attivo di scarpata di frana
	Frana di limitata estensione
	Area molto instabile per franosità diffusa
	Area instabile per soliflusso generalizzato
	Area interessata da deformazioni superficiali lente
	Soliflusso localizzato
	Creep localizzato

2.2 Forme di accumulo e relativi depositi

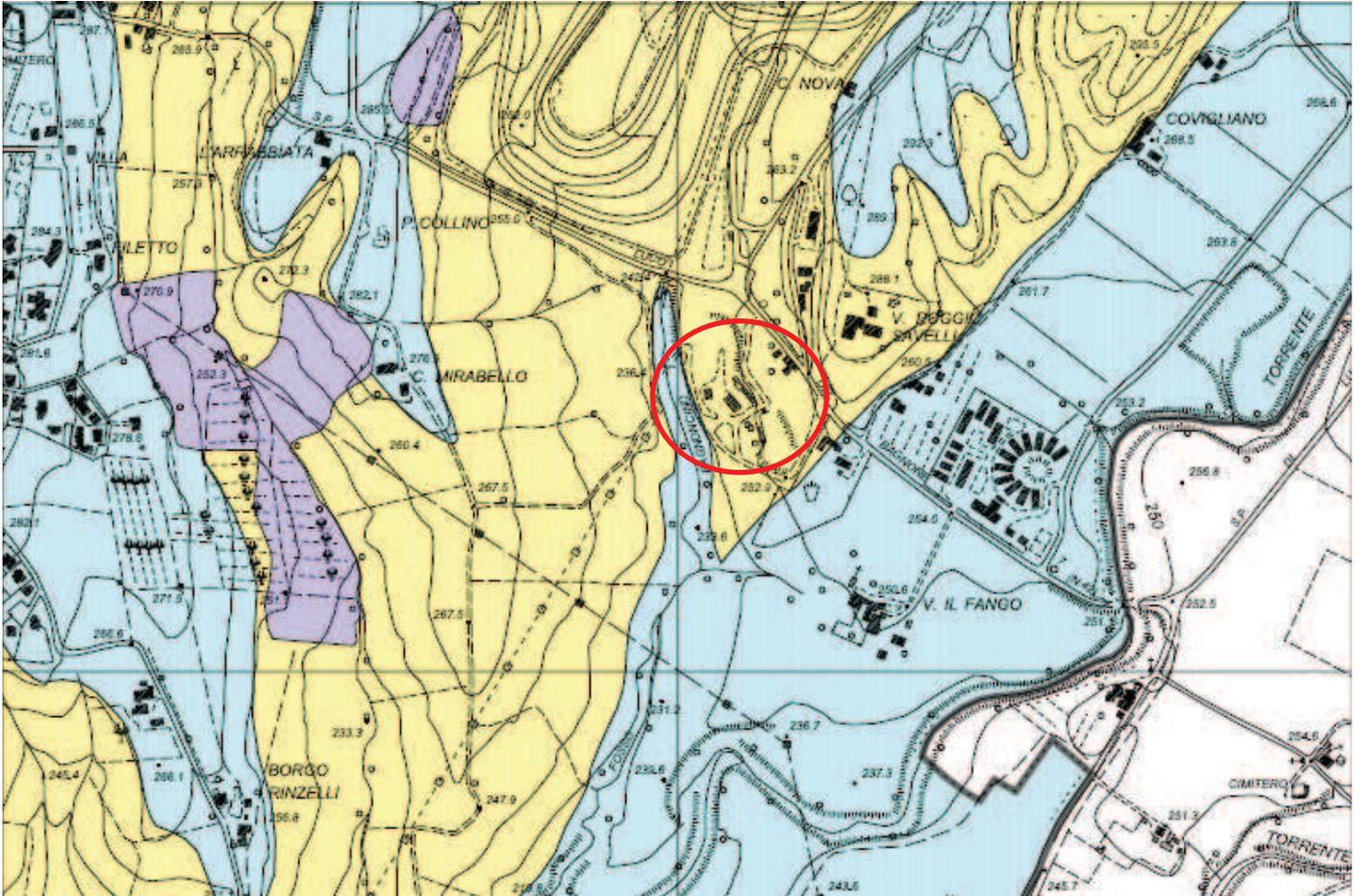
	Corpo di frana attiva
	Corpo di frana quiescente
	Corpo di frana naturalmente stabilizzata

3 FORME ARTIFICIALI (ANTROPICHE)

	Orlo di scarpata di origine antropica
	Cava attiva
	Cava inattiva
	Corpo d'acqua
	Diga in terra
	Rilevato stradale
	Area intensamente modellata da interventi umani
	Discarica

Tavola 4 - Inquadramento litotecnico

(Estratto dal Piano Strutturale – Comune di Scarperia)



LEGENDA (Tav. 4)

TERRENI DETRITICI ELUVIO/COLLUVIALI E ACCUMULI DI FRANA

A1
 Materiali costituiti da elementi lapidei di pezzatura varia in matrice prevalentemente siltoso-sabbiosa.

A2
 Materiali costituiti da elementi lapidei di pezzatura varia in matrice prevalentemente siltoso-argillosa.

SUCCESSIONI CON ALTERNANZE DI LITOTIPI LAPIDEI ED ARGILLOSI (MATERIALE LAPIDEO COSTITUITO DA UN UNICO LITOTIPO NON STRATIFICATO O STRATIFICATO)

B
 Rocce stratificate e strutturalmente ordinate costituite da prevalenti litotipi argillitici e marnosi alternati a litotipi calcarei, calcareo-marnosi e arenacei.

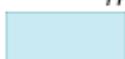
C
 Rocce strutturalmente disordinate costituite da blocchi lapidei di dimensioni variabili immersi in una matrice argillosa prevalente.

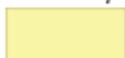
D1
 D1 - rocce stratificate e strutturalmente ordinate costituite da alternanza di litotipi lapidei arenacei prevalenti e litotipi argillitico-siltitici.

D2
 D2 - rocce stratificate e strutturalmente ordinate costituite da alternanza di litotipi argillitico-siltitici prevalenti e litotipi lapidei arenacei.

E
 Rocce stratificate e strutturalmente ordinate costituite da litotipi lapidei calcarei, calcareo-marnosi e radiolaritici e calcarenitici con alternanza di litotipi argillitici e marnosi.

SUCCESSIONI CONGLOMERATICHE E GHIAIOSE - SABBIOSE - ARGILLOSE (MATERIALI GRANULARI CEMENTATI, MATERIALI COESIVI CONSISTENTI, MATERIALI GRANULARI NON CEMENTATI, MATERIALI CON CONSISTENZA LIMITATA O NULLA)

H
 Successioni conglomeratiche ghiaiose-sabbiose non cementate a prevalente comportamento granulare.

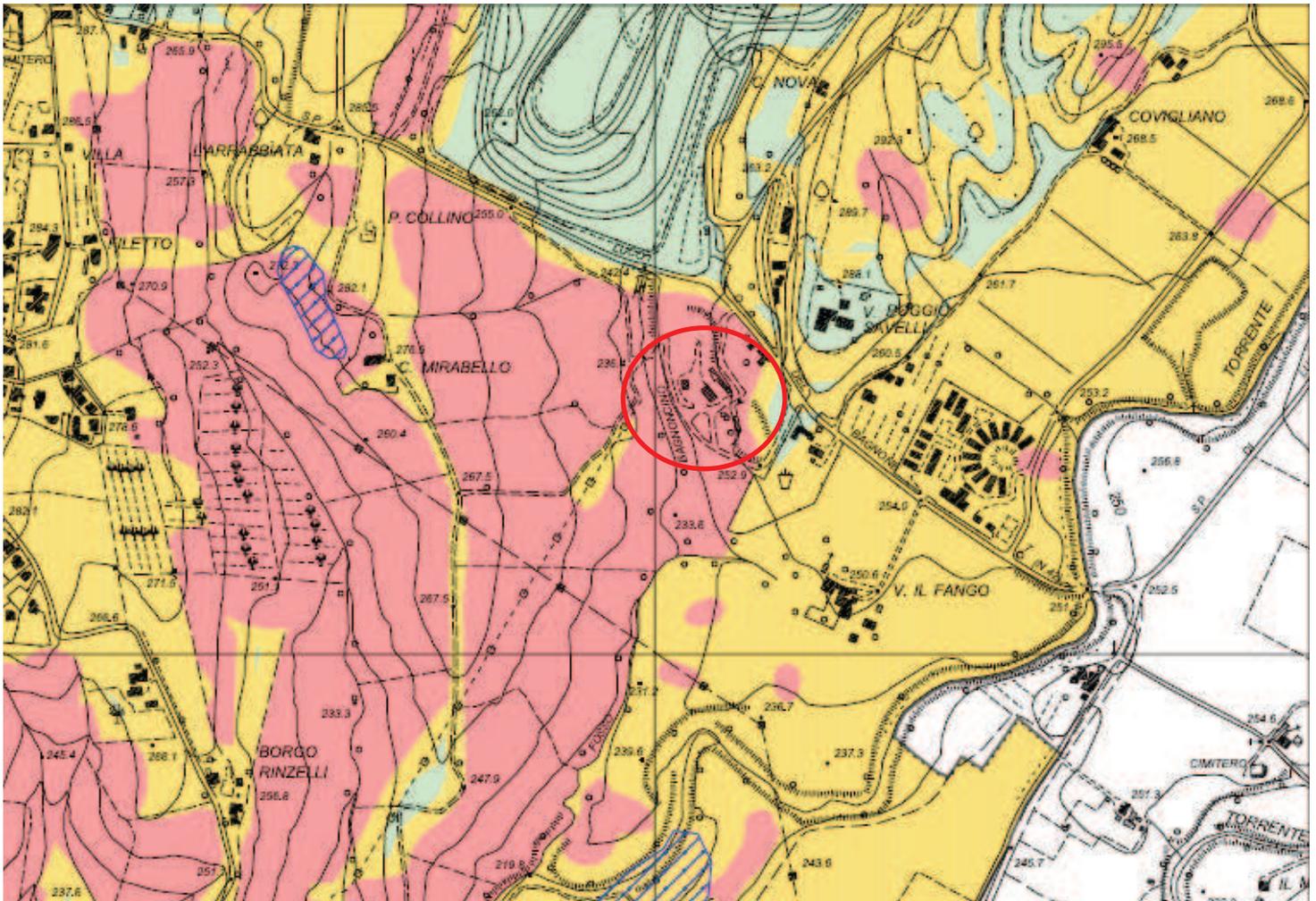
I
 Successioni limose-argillose a prevalente comportamento coesivo.

● 3 Ubicazione sondaggio

▲ 2 Ubicazione prova penetrometrica

Tavola 5a - Carta della pericolosità geomorfologica

(Estratto dal Piano Strutturale – Comune di Scarperia)



LEGENDA

Pericolosità geologica (Del. C.R. n.94/85)

Classe 2

 Pericolosità bassa

Classe 3

 Pericolosità media (*)

Classe 4

 Pericolosità elevata

Perimetrazione delle aree a pericolosità da frana - da Piano Assetto Idrogeologico (Autorità di Bacino del Fiume Arno)

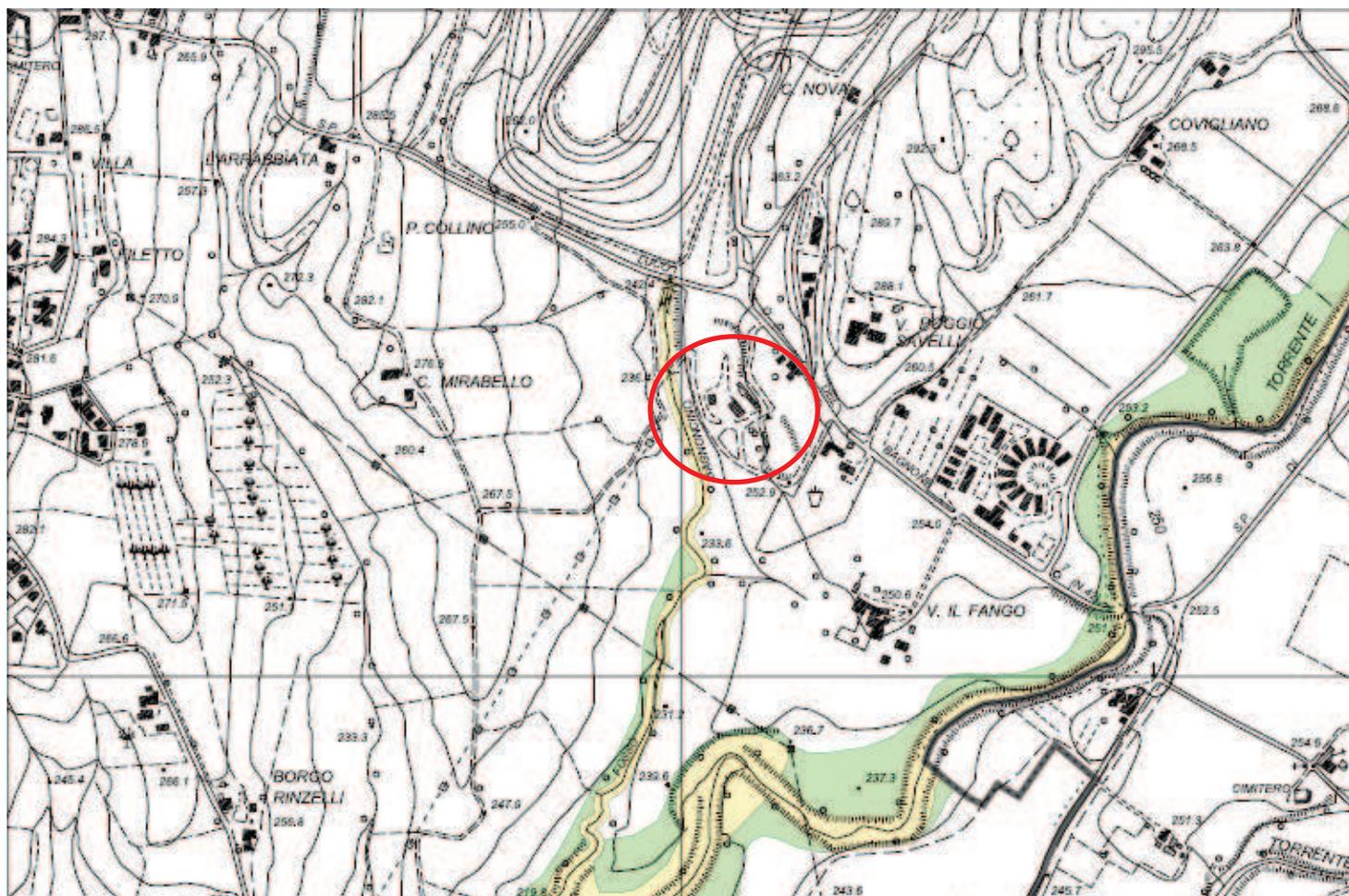
 P.F.4 - Aree a pericolosità molto elevata

 P.F.3 - Aree a pericolosità elevata

(*) Nelle aree ricadenti in classe di pericolosità geologica 3, contermini a zone in cui nella carta geomorfologica sono stati rilevati fenomeni gravitativi indicati con F e Fd, in caso di scelte di trasformazioni urbanistiche si dovrà tenere in debito conto e si dovranno pertanto svolgere le considerazioni del caso in modo da valutare eventuali fenomeni di evoluzione del dissesto attivo.

Tavola 5b - Carta della pericolosità idraulica

(Estratto dal Piano Strutturale – Comune di Scarperia)



LEGENDA (Tav. 5b)

Pericolosità idraulica (Del. C.R. n. 12/2000)

- 1
- 
- PERICOLOSITA' IRRILEVANTE
- Aree collinari o montane prossime ai corsi d'acqua e poste all'esterno dell'ambito fluviale definito come "A1" all'art. 75 della Del. C.R. n. 12/2000, per le quali ricorrono le seguenti condizioni:
- * non vi sono notizie storiche in merito a precedenti inondazioni;
 - * sono in situazione favorevole di alto morfologico di norma poste a quote altimetriche superiori a 2 m rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, dal ciglio di sponda.
- 2
- 
- PERICOLOSITA' BASSA
- Aree di fondovalle e comunque poste all'esterno dell'ambito fluviale definito "A1" dall'art. 75 della Del. C.R. n. 12/2000 per le quali ricorrono le seguenti condizioni:
- * non vi sono notizie storiche in merito a precedenti inondazioni;
 - * non si riscontrano condizioni favorevoli al ristagno;
 - * sono in situazione favorevole di alto morfologico rispetto alla pianura alluvionale adiacente, ossia poste a quote altimetriche superiori a 2 m sopra al piede esterno dell'argine o, in mancanza sopra il ciglio di sponda.
- 3
- 
- PERICOLOSITA' MEDIA
- Aree di fondovalle per le quali ricorre una delle seguenti condizioni:
- * vi sono notizie storiche di inondazioni;
 - * sono in situazione sfavorevole dal punto di vista morfologico, ossia poste a quote altimetriche inferiori rispetto alla quota posta a 2 m sopra al piede esterno dell'argine o, in mancanza dell'argine sopra al ciglio di sponda.
- Aree collinari e/o montane nella zona di svasso di laghi e invasi il cui rischio idraulico dipende dalla tenuta del paramento a valle e dal suo stato di manutenzione.
- 4
- 
- PERICOLOSITA' ELEVATA
- Aree di fondovalle non protette da opere idrauliche per le quali ricorrano entrambe le seguenti condizioni:
- * vi sono notizie storiche di inondazioni;
 - * sono morfologicamente in situazione sfavorevole, di norma a quote altimetriche inferiori rispetto alla quota posta a 2 m sopra il piede esterno dell'argine, o in mancanza, sopra il ciglio di sponda.
- Aree ricadenti in ambito "A1" come definito all'art. 75 della Del. C. R. n. 12/2000
- Aree collinari e montane con presenza di corpi d'acqua (laghi e/o invasi)

Perimetrazione delle aree con pericolosità idraulica da Piano Assetto Idrogeologico (Autorità di Bacino del Fiume Arno)

Livello di dettaglio (scala 1:10.000 - MODELLO IDRAULICO)



P.I.4 Aree a pericolosità molto elevata (Esondabile per Tr 30 anni)



P.I.3 Aree a pericolosità elevata (Esondabile per Tr compreso fra 30 e 100 anni)



P.I.2 Aree a pericolosità media (Esondabile per Tr compreso fra 100 e 200 anni)

Perimetrazione delle aree con pericolosità idraulica da Piano Assetto Idrogeologico (Autorità di Bacino del Fiume Arno)

Livello di sintesi (scala 1:25.000 - STORICO INVENTARIALE)

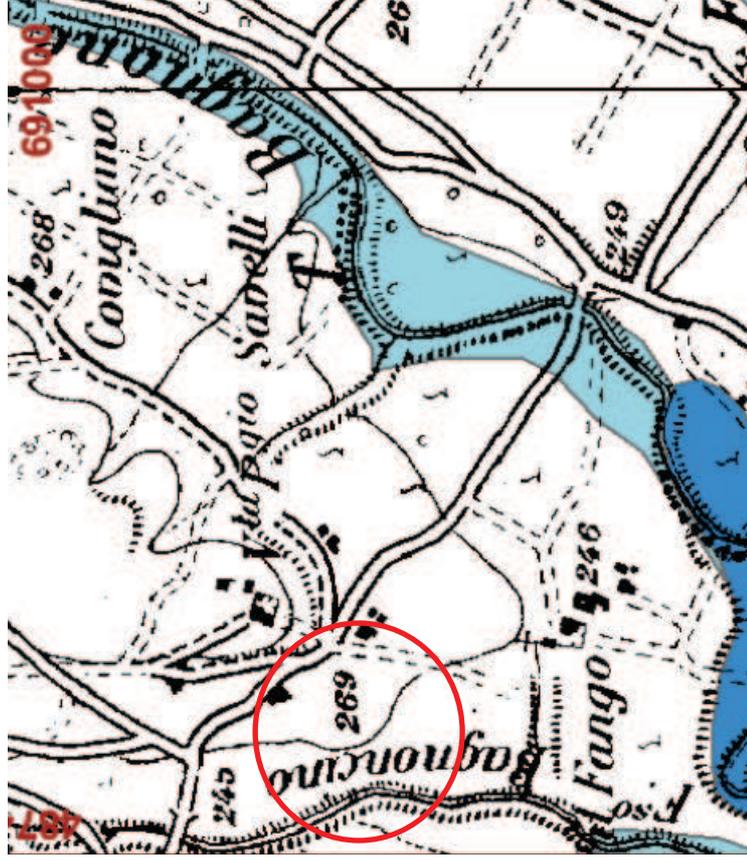


P.I.4 Aree a pericolosità molto elevata

Tavola 6

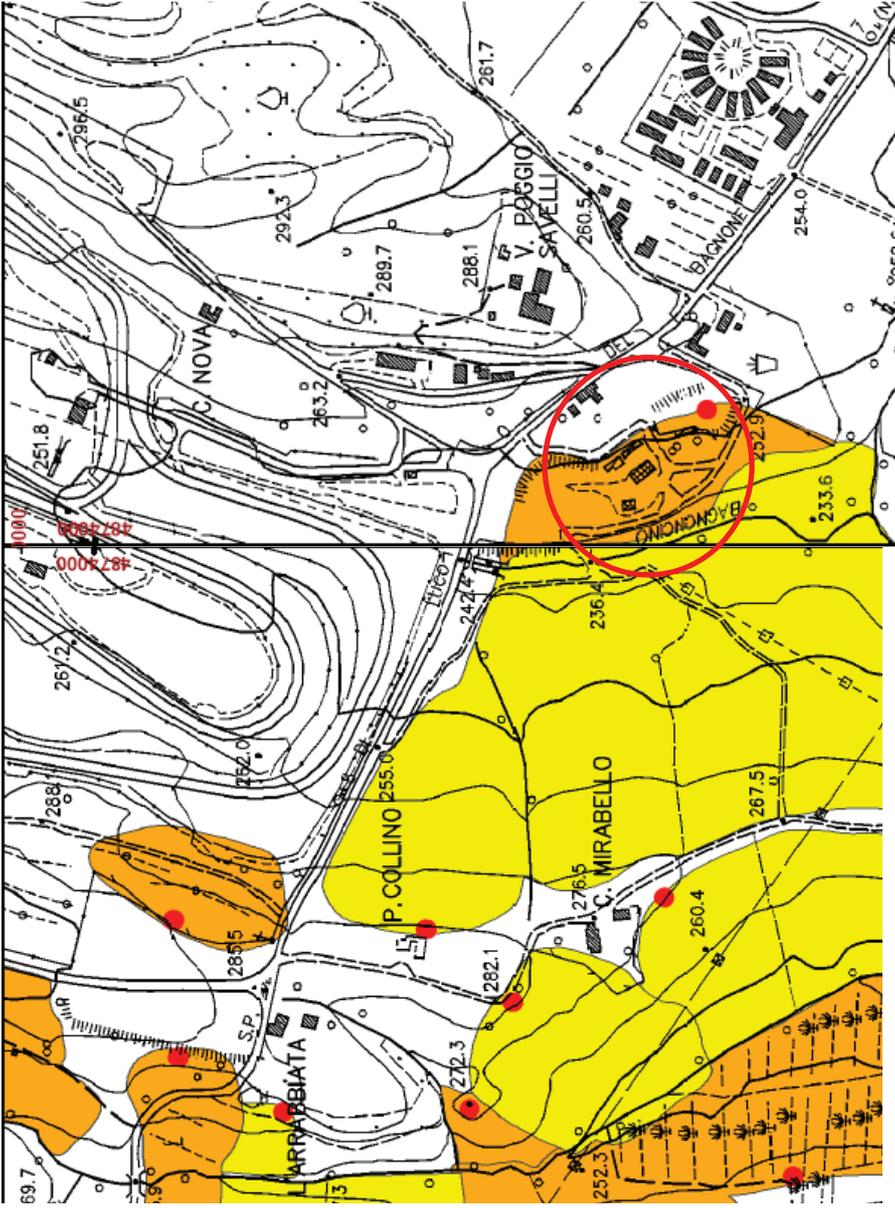
Estratto da Perimetrazione delle aree con Pericolosità Idraulica e Geomorfologica

(P.A.I. - Autorità di Bacino dell'Arno)

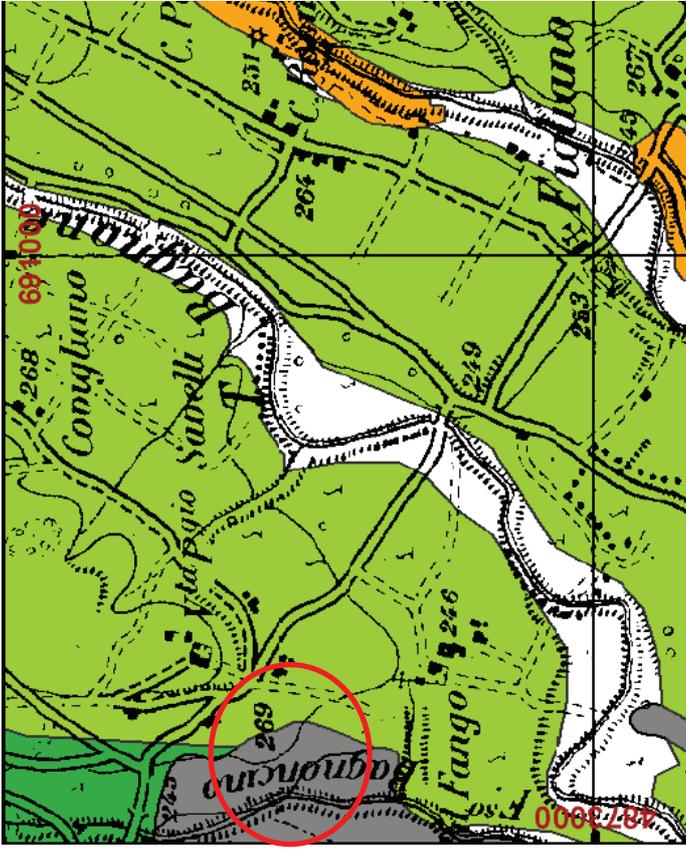


LEGENDA

-  P.I.4 Aree a pericolosità molto elevata
-  P.I.3 Aree a pericolosità elevata
-  P.I.2 Aree a pericolosità media
-  P.I.1 Aree a pericolosità moderata



Livello di dettaglio



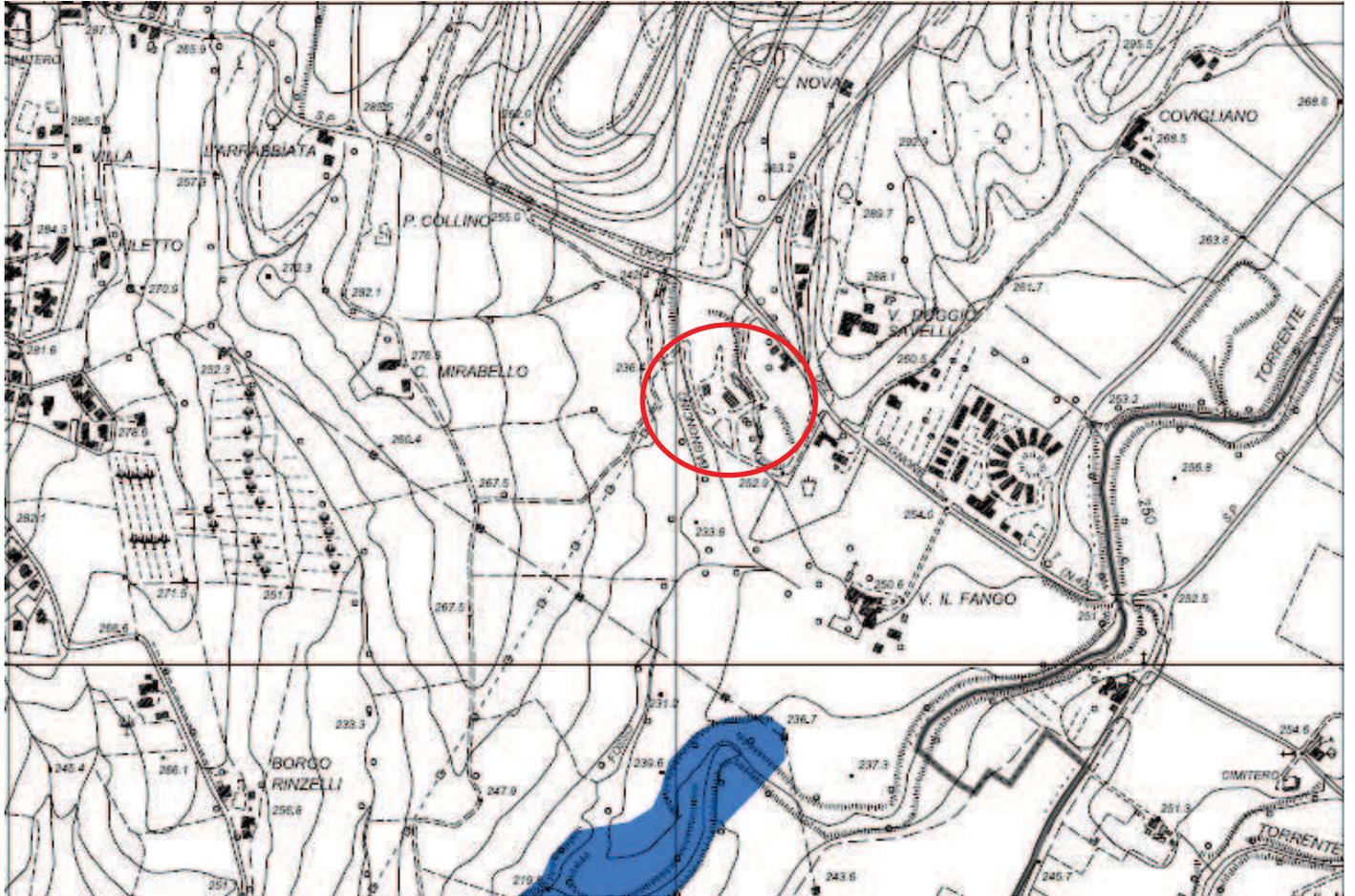
Livello di sintesi

LEGENDA

- P.F.4 Aree a pericolosità molto elevata
- P.F.3 Aree a pericolosità elevata
- P.F.2 Aree a pericolosità media

Tavola 7 – Carta aree allagabili

(Estratto dal Piano Strutturale – Comune di Scarperia)



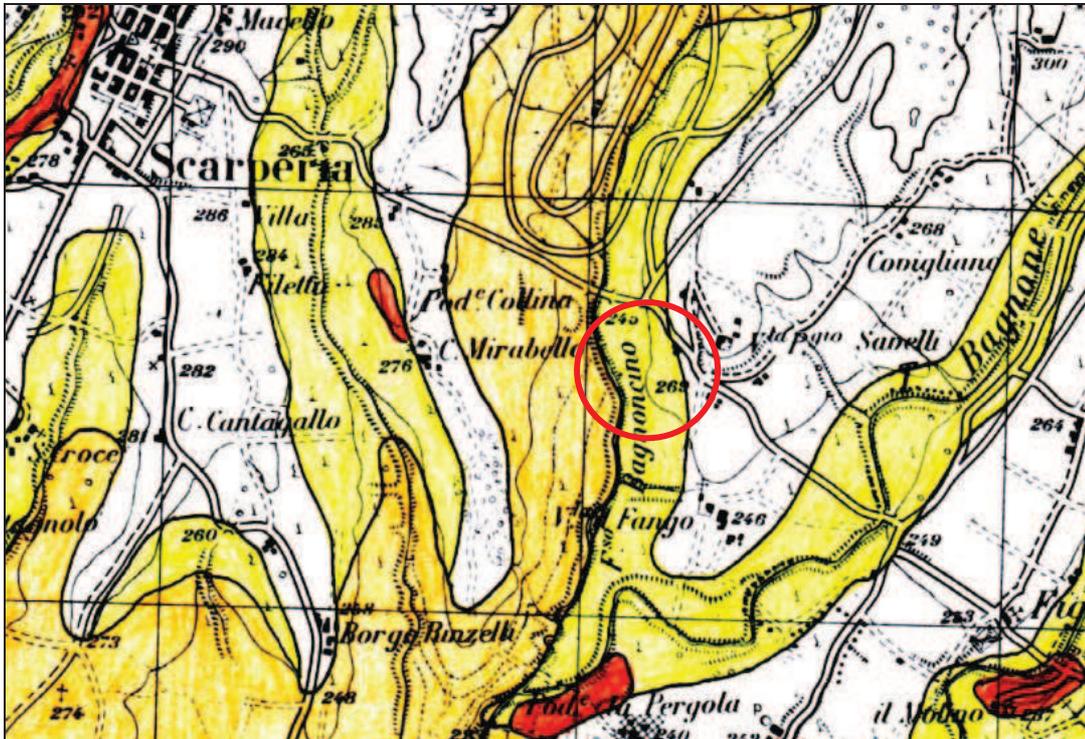
LEGENDA



Aree interessate da inondazioni eccezionali

Tavola 8 - Carta della pericolosità

(Tratto dal Piano Territoriale di Coordinamento – Provincia di Firenze)

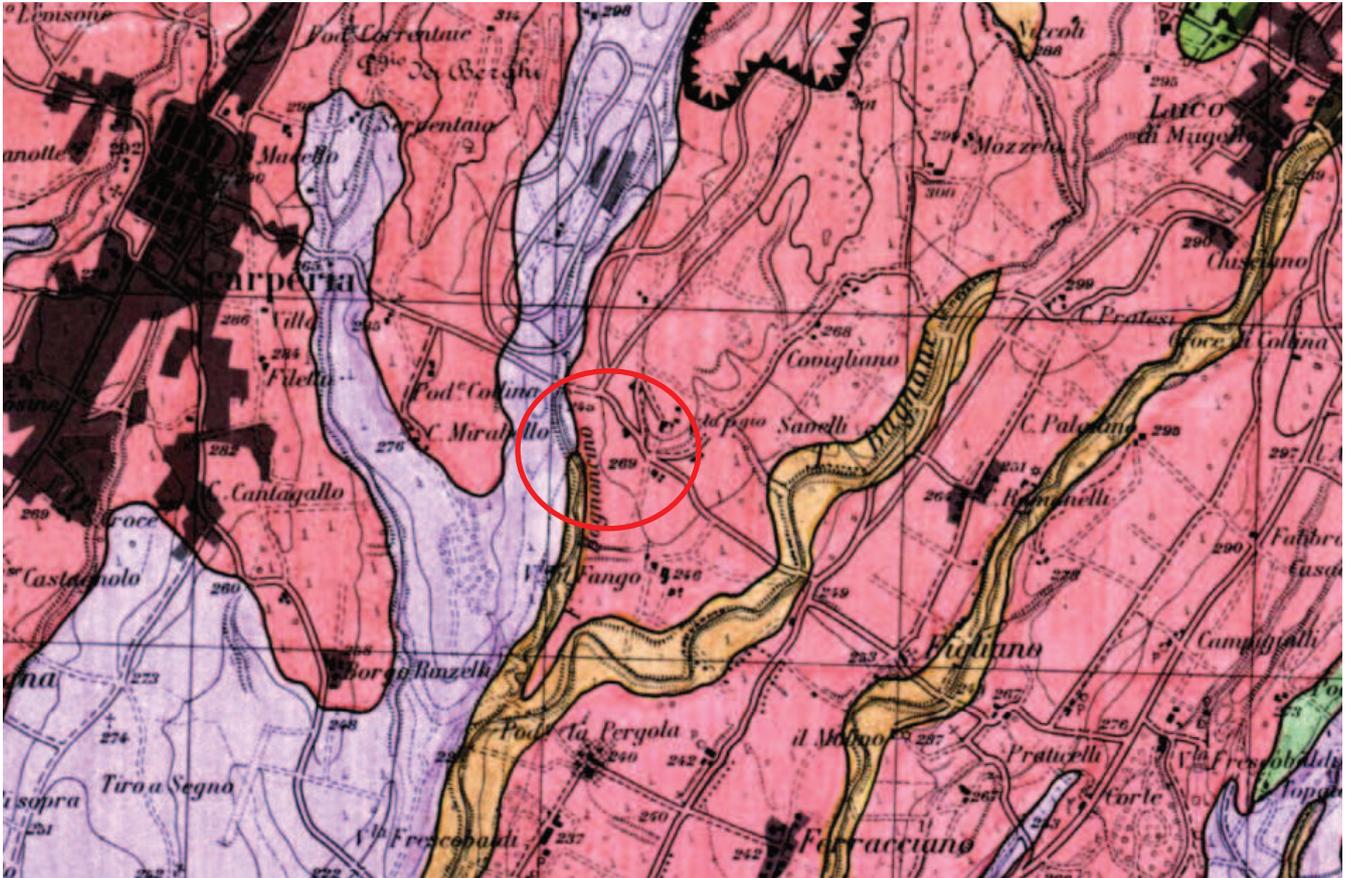


LEGENDA

	Zone con pericolosità di frana reale, rappresentata dall'esistenza di movimenti di massa in atto, con una dinamica geomorfologica tendente all'estensione del dissesto.
	Zone ad elevata pericolosità di frana, rappresentata da condizioni sfavorevoli (antiche frane, terreni con caratteristiche fisiche scadenti, processi di alterazione morfologica). In tali aree sono presenti le caratteristiche morfologiche di movimenti gravitativi (ondulazioni, contropendenze, periodiche lacerazioni ecc.).
	Zone a moderata pericolosità di frana, valutabile sulla base delle caratteristiche fisiche territoriali (litologia, giacitura, processi morfologici in atto) ma prive di fenomeni gravitativi sia superficiali che profondi o di indicazioni morfologiche della loro esistenza.
	Zone prive di pericolosità di frana per assenza di processi geomorfologici o caratteristiche fisiche che possono condurre all'innesco di movimenti di massa.
	Zone soggette a periodico allagamento ed esondazione (1991-1992-1993)
	Zone soggette ad allagamento ed esondazione durante l'evento del 1966.

Tavola 9 - Carta della vulnerabilità degli acquiferi

(Tratto dal Piano Territoriale di Coordinamento – Provincia di Firenze)

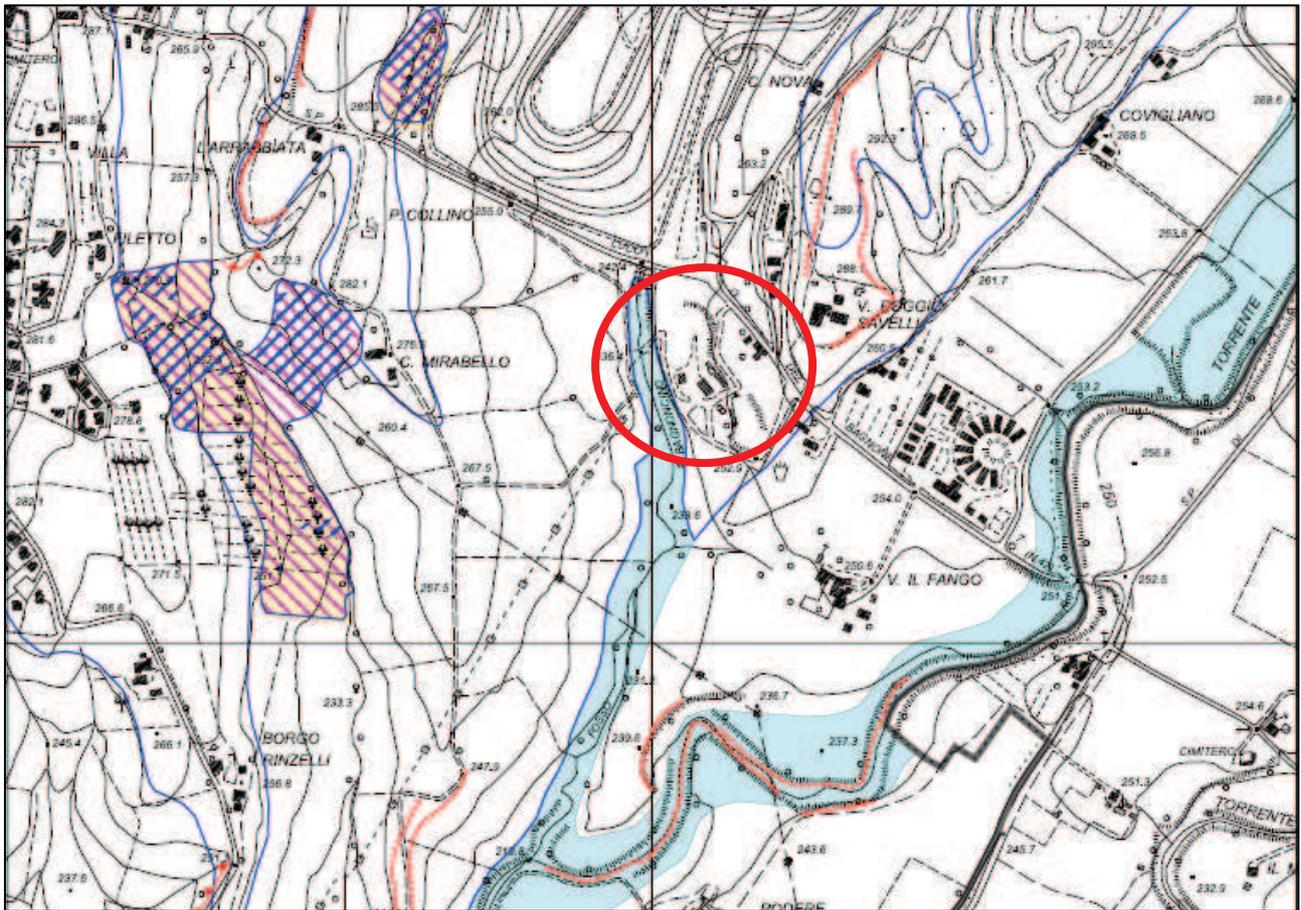


LEGENDA

	<p>Elevata Acquifero libero in materiali alluvionali a granulometria da grossolana a media (alluvioni recenti 30), senza o con scarsa protezione, la cui superficie è localmente aldisotto del livello di base dei fiumi vicini (rialimentazione indotta); oppure falda libera in travertini permeabili per porosità primaria e per fenomeni carsici, senza nessuna protezione (travertini 28).</p>
	<p>Alta L'unità comprende gli acquiferi liberi in materiale alluvionale (alluvioni terrazzate con granulometria da grossolana a media 29) con scarsa protezione, e quelli nei calcari cavernosi (2) carsificati, praticamente senza protezione. Comprende inoltre le falde libere presenti in materiali detritici (detriti di falda 31) di modesta continuità areale.</p>
	<p>Media L'unità comprende acquiferi di modesta importanza in: sabbie e ciottolami con interposti livelli limosi, generalmente con copertura poco permeabile (ciottolami e sabbie 26 26*, ghiaie e ciottolami 27 27* 27** 27A, ghiaie con sabbie e sabbie 25 25*); arenarie fratturate con rete idrica di solito a media profondità (arenarie 22, arenarie con argilliti e siltiti 21, arenarie e siltiti 20); calcari marnosi e marni con carsificazione limitata, interessati da una modesta circolazione idrica nella rete delle fratture (calcareniti e marni con arenarie 16, arenarie con marni 14, calcari marnosi 11, calcari della serie ofiolitiforme 10, complesso siliceo, siliceo-calcareo 9); arenarie e siltiti quarzose con livelli argillitici intercalati che danno origine a più falde (verrucano 1) e presenti in materiali con granulometria da sabbie ad argilla, di modesta importanza con protezione di materiali fini (sabbie e argille 24* 24, sabbie e sabbie con limi 24a).</p>
	<p>Bassa L'unità comprende gli acquiferi di limitata produttività (acquitardi) presenti in: i complessi arenacei e calcarei con frequenti strati marnosi o argillitici, con modesta circolazione idrica (marni con arenarie 15, calcareniti e marni con arenarie 16, arenarie e marni 17, arenarie calcaree ed argillitiche 18, siltiti con arenarie 19); rocce vulcaniche, con modesta circolazione idrica nella rete di fratture, limitatamente ai primi 20-25 metri (rocce vulcaniche basiche 3); sedimenti a grana fine (limi e argille 23 23* 23** 23a) praticamente privi di circolazione idrica sotterranea, (acquiclude) in cui l'inquinamento è limitato alle acque superficiali; i complessi marnosi e argillitici, praticamente privi di circolazione idrica (l'inquinamento raggiunge direttamente le acque superficiali) (argille e limi 24b, marni con rilevante componente argillitica 12, brecce calcaree ed argillosisti 6, marni 13, calcari argillosi fortemente tettonizzati 8, argille e marni 7, argilliti fortemente tettonizzate 5, complesso caotico ed olistostromi 4,4*).</p>
	<p>Vincolo Idrogeologico (R.D. 3267/23) Pozzo acquedottistico Sorgente Sorgente termale e/o minerale</p>

Tavola 10 – Carta della pericolosità sismica

(Estratto dal Piano Strutturale – Comune di Scarperia)



LEGENDA

AMPLIFICAZIONE PER EFFETTI MORFOLOGICI

- Bordi di terrazzo non attivi/attivi
- Zone di ciglio su strapiombo
- Creste rocciose sottili (inferiori a 20 metri di larghezza)

AMPLIFICAZIONE PER EFFETTI LITOLOGICI

- Ammassi rocciosi lapidei molto fratturati
- Falde di detriti ben cementate
- Depositi alluvionali di fondovalle suscettibili di densificazione

INSTABILITA' DINAMICA PER CEDIMENTI E CEDIMENTI DIFFERENZIALI

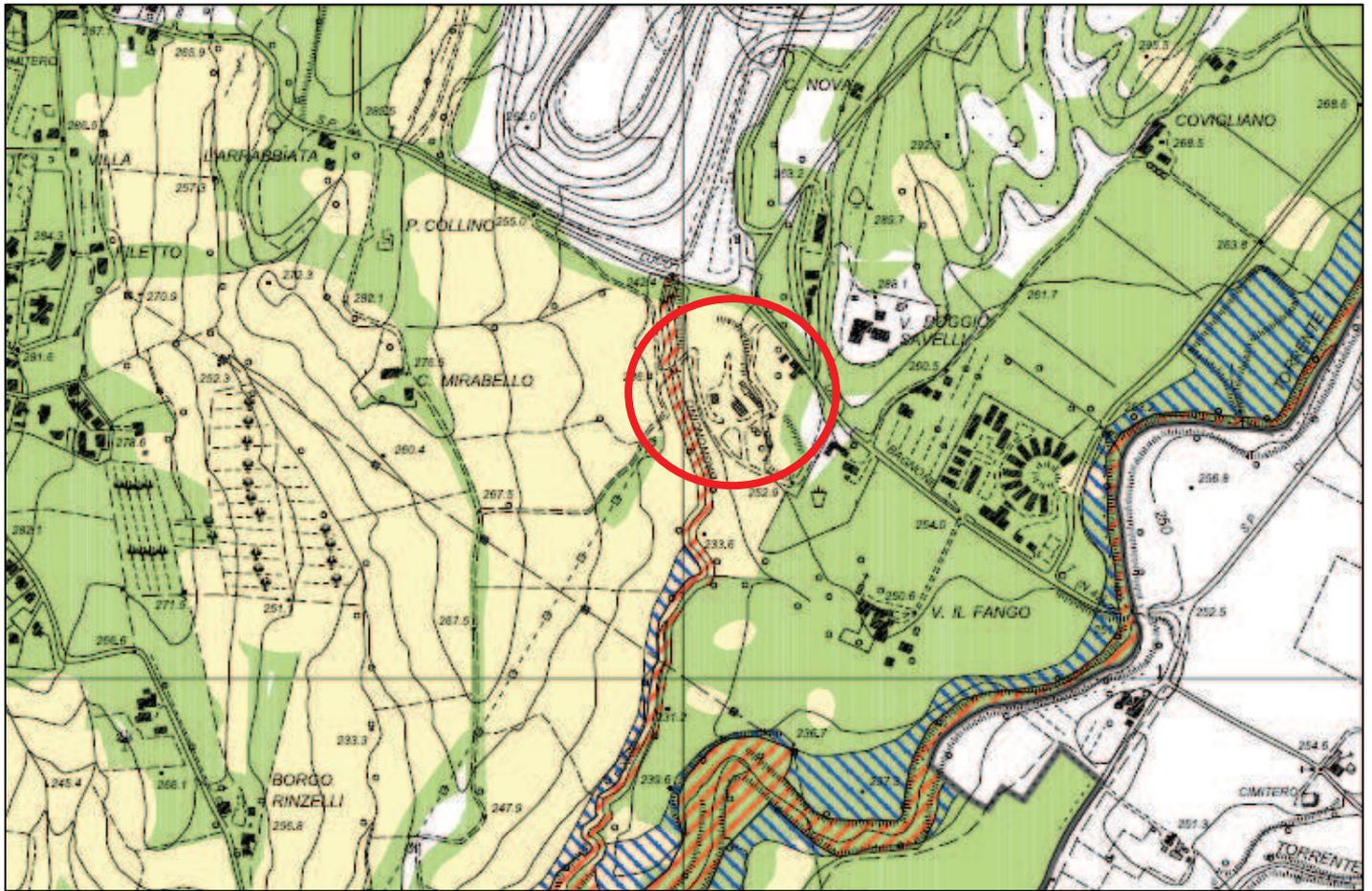
- Contatti fra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche diverse

INSTABILITA' DINAMICA PER FENOMENI FRANOSI

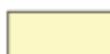
- Frane quiescenti
- Pendii con giacitura a franapoggio meno inclinata del pendio
- Pendii con presenza di depositi detritici e pendenza media superiore al 15%

Tavola 11 – Carta dei rischi territoriali

(Estratto dal Piano Strutturale – Comune di Scarperia)



LEGENDA



Rischio geologico elevato (classe di fattibilità IV - fattibilità limitata) ottenibile ipotizzando qualsiasi tipo di utilizzazione che non sia puramente conservativo o di ripristino in aree a pericolosità geologica elevata (classe 4).

In queste aree già a livello di strumento urbanistico generale (Regolamento Urbanistico o sue varianti) sono da prevedersi specifiche indagini geognostiche e quanto altro necessario per precisare i termini del problema; in base ai risultati di tali studi dovrà essere predisposto un esauriente progetto degli interventi di consolidamento e bonifica, miglioramento dei terreni e tecniche fondazionali particolari ed un programma di controlli necessari a valutare l'esito di tali interventi.

In particolare quando si intendano sostenere scelte di utilizzazione edilizia in tali aree per cui risulti classe IV della carta di fattibilità, il supporto geologico-tecnico all'atto di pianificazione dovrà contenere:

- il progetto di massima degli interventi di bonifica e consolidamento;
- i costi ritenuti necessari per tale operazione;
- i metodi di controllo e i tempi ritenuti necessari ad una verifica degli effetti dell'intervento stesso.

L'esecuzione di quanto previsto dai risultati di tali indagini in termini di bonifica, miglioramento dei terreni e/o tecniche fondazionali particolari costituisce un vincolo specifico per il rilascio della concessione, autorizzazione edilizia e/o D.I.A.



Rischio geologico medio, come definibile con le conoscenze disponibili sulla pericolosità geologica dell'area (in genere classe 3 di pericolosità geologica) e interventi previsti anche di non eccessivo impegno e bassa vulnerabilità (p.e. edilizia abitativa a basso indice di fabbricabilità).

La fattibilità geologica a corredo del Regolamento Urbanistico, o sue varianti, prescriverà quali indagini di dettaglio debbano essere condotte a livello di "area complessiva" sia come supporto alla redazione di strumenti urbanistici attuativi, che nel caso sia ipotizzato un "intervento diretto".

L'ottemperanza delle sopra dette prescrizioni costituisce specifico vincolo per l'attuazione dell'intervento (concessione edilizia, autorizzazione edilizia, D.I.A., ecc.).



Rischio idraulico elevato (classe di fattibilità IV - fattibilità limitata) ottenibile ipotizzando qualsiasi tipo di utilizzazione che non sia puramente conservativa o volta alla riduzione del rischio idraulico in aree a pericolosità idraulica elevata (classe 4).

(R.I.4 e P.I.4 in attuazione D.L. n. 180/98 e D.P.C.M. n.226/99 norme n. 2 e n. 3, per cui vige divieto di edificabilità), si dovranno supportare le scelte pianificatorie del Regolamento Urbanistico o sue varianti con studi idrologico-idraulici quantitativi.

I risultati dello studio idrologico-idraulico non consentiranno previsioni nel caso che l'area interessata risulti soggetta ad inondazioni con tempo di ritorno (T_r) minore di 20 anni. Nel caso che i tempi di ritorno siano superiori a 20 anni dovranno essere previsti interventi di messa in sicurezza che non comportino modificazione del livello di rischio per le aree contigue.

Tali interventi dovranno dimostrare il raggiungimento di un livello di sicurezza dal rischio d'inondazione con:
- tempo di ritorno (T_r) > di 100 anni per la formazione di piani urbanistici attuativi di strumenti urbanistici generali vigenti;
- tempo di ritorno (T_r) > di 200 anni per la formazione di strumenti urbanistici generali (regolamento urbanistico) e relative varianti.

Gli interventi proposti dovranno in ogni modo essere coordinati tramite l'Amministrazione Comunale con altri eventuali programmi e piani di bonifica in corso di programmazione e/o attuazione da parte dei preposti Enti.



Rischio idraulico medio, come definibile con le conoscenze disponibili sulla pericolosità idraulica dell'area ipotizzando tipologie di utilizzazione che non siano puramente conservative.

In queste aree si dovranno supportare le scelte pianificatorie di Regolamento Urbanistico e/o altre con studi idrologico-idraulici anche a livello qualitativo.

Lo studio dovrà illustrare lo stato di efficienza delle opere idrauliche ove presenti e dovrà definire il grado di rischio per tempo di ritorno $T_r = 200$ anni, indicando le soluzioni progettuali per la riduzione dei danni agli interventi per episodi di sommonte, ristagno ed esondazione.

L'ottemperanza alle sopra citate soluzioni progettuali costituisce vincolo specifico per l'attuazione dell'intervento (concessione edilizia, autorizzazione edilizia, D.I.A., ecc.).



Elevato rischio per la risorsa idrica sotterranea potabile destinata al consumo umano e/o produttivo che si raggiunge nelle "zone di rispetto" dei punti di captazione della risorsa idrica del sistema acquedottistico pubblico e per lo sfruttamento di acque minerali.

In tali aree sono vietati gli insediamenti dei seguenti centri di pericolo e lo svolgimento delle seguenti attività:

- a) dispersione di fanghi ed acque reflue, anche se depurate;
- b) accumuli di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi;
- c) spandimento di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi, salvo che l'impiego di tali sostanze sia effettuato sulla base delle indicazioni di uno specifico piano di utilizzazione che tenga conto della natura dei suoli, delle colture compatibili, delle tecniche agronomiche impiegate e della vulnerabilità delle risorse idriche;
- d) dispersione nel sottosuolo di acque meteoriche provenienti da piazzali e strade;
- e) aree cimiteriali;
- f) apertura di cave e discariche che possano essere in connessione con la falda;
- g) ferebrazione ed apertura di pozzi ad eccezione di quelli che estraggono acque destinate al consumo umano per l'alimentazione del sistema acquedottistico per il pubblico servizio o per lo sfruttamento come acqua minerale e di quelli

alla variazione dell'estrazione e alla protezione e controllo delle caratteristiche quali-quantitative della risorsa idrica;

- h) gestione e trattamento di rifiuti e loro messa a dimora e lo stoccaggio provvisorio;
- i) stoccaggio di prodotti ovvero sostanze chimiche pericolose e sostanze radioattive;
- j) centri di raccolta, demolizione e rottamazione di autoveicoli;
- k) pozzi perdenti e/o sistemi di subirrigazione che prevedano immissione di reflui nel sottosuolo;
- l) pascolo e stabulazione di bestiame che ecceda i 170 chilogrammi per ettaro di azoto presente negli effluenti, al netto delle perdite di stoccaggio e distribuzione.

Per gli insediamenti le attività vietate sopra elencate preesistenti, ad eccezione delle aree cimiteriali, sono adottate le misure per il loro allontanamento; in ogni caso deve essere garantita la loro messa in sicurezza.

INDAGINI 2007

Indagine geofisica



**INDAGINE GEOFISICA MEDIANTE SISMICA A RIFRAZIONE E
TOMOGRAFIA SISMICA (WET TOMOGRAPHY)
CON ONDE P E SH
PRESSO IL CANTIERE CAVET IN LOCALITÀ “STECCONATA”
COMUNE DI SCARPERIA (FI)**

RELAZIONE TECNICA

Geofisica Toscana S.a.s.
Il Direttore Tecnico
Dr. Giorgio Poggiali

Firenze, Marzo 2007



1. Premessa

Il presente lavoro viene svolto per incarico di Publiacqua Ingegneria S.p.A. al fine di studiare, mediante una prospezione sismica a rifrazione utilizzando onde P ed onde SH, le caratteristiche del substrato e dei terreni di copertura in un'area sede di progetto di un nuovo impianto di depurazione posto all'interno del **CANTIERE CAVET**, in località **"STECCONATA"** posto nei pressi dell'Autodromo del Mugello nel **COMUNE DI SCARPERIA (FI)**.



Dopo aver preso visione dell'area e delle problematiche ad esse connesse con il progettista per la parte geologica incaricato, è stata concordata un'indagine geofisica mediante sismica a rifrazione, tesa a ricostruire, lungo la sezione concordata con la Committenza, l'andamento in profondità delle velocità delle onde sismiche compressionali P e di taglio SH. Inoltre, elaborando i dati con metodologia tomografica ("WET Tomography"), che permette di ottenere, attraverso un considerevole numero di "energizzazioni" (6 per ogni stendimento) ed un potente softwa-



re di elaborazione, un'ottima caratterizzazione dei materiali presenti in funzione delle variazioni laterali e verticali di velocità.

Lo scopo dell'indagine è quello di caratterizzare dinamicamente, tramite il calcolo delle velocità di propagazione delle onde compressionali (P) e di Taglio (SH), le litologie presenti nell'area d'indagine e determinare la geometria (spessori e superfici di contatto) nel sottosuolo. L'impiego combinato delle onde di compressione e quelle di taglio consente di ottenere i parametri di velocità delle onde di taglio mediate sui primi 30 m (cosiddette V_{S30}), come richiesto dal nuovo D.M. 23/09/2005 "Norme Tecniche per le costruzioni" che integra e sostituisce la precedente O.P.C.M. n° 3274 del 20/03/2003 nel quale venivano definite cinque tipologie di suoli in funzione del valore di V_{S30} :

SUOLO DI FONDAZIONE	V_{S30}
A Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi caratterizzati da valori di V_{S30} superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m	>800 m/s
B Depositi di sabbie e ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{S30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s	>360 m/s <800 m/s
C Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, tra 180 m/s e 360 m/s	>180 m/s <360 m/s
D Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti, caratterizzati da valori di $V_{S30} < 180$ m/s	<180 m/s
E Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali, con valori di V_{S30} simili a quelli dei tipi C e D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su un substrato di materiale più rigido con $V_{S30} > 800$ m/s	<360 m/s

Fig.1. Definizione delle categorie di suolo di fondazione in relazione alla V_{S30} .



La relazione tecnica riferisce sui risultati ottenuti dall'indagine sismica a rifrazione mediante Onde P e SH ed è corredata dalle seguenti documentazioni che ne costituiscono parte integrante:

- planimetria dell'area indagata con l'ubicazione del profilo sismico eseguito, scala 1:500 ed inquadramento planimetrico generale, **Tavola 01**;
- dromocrone dei tempi di percorso delle onde sismiche compressionali (P) determinate nei punti rilevati, grafico analisi velocità e tabelle Tempi-Distanze, **Tavola 02** scala 1:500;
- dromocrone dei tempi di percorso delle onde sismiche di taglio (SH) determinate nei punti rilevati, grafico analisi velocità e tabelle Tempi-Distanze, **Tavola 03** scala 1:500;
- grafico delle profondità determinate per i vari strati (da Onde P ed SH), sezione sismostratigrafica interpretata e tabelle Distanze-Profondità, **Tavola 04**, scala 1:500;
- grafico delle Sezioni litostratigrafiche interpretate (da Onde P ed SH), **Tavola 05**, scala 1:500;
- Sezioni Tomografiche Interpretate con scala in falsi colori delle velocità calcolate, **Tavole 06-07**, scala 1:500.

Di seguito viene descritto, se pur brevemente, lo schema operativo e le operazioni di campagna, le strumentazioni e le modalità di analisi dei dati, congiuntamente all'interpretazione scaturita dai dati elaborati.

2. Schema operativo

L'indagine, concordata e programmata con il progettista per la parte geologica, ha previsto lo studio di un'area in località **SCARPERIA (FI)**, mediante sismica a rifrazione con energizzazioni per onde-P ed onde-SH, allo scopo di definire le caratteristiche del substrato argilloso e dei terreni superficiali presenti.

La posizione delle prove di sismica a rifrazione è indicata nella planimetria inserita nella **Tavola 01** in scala 1:500 congiuntamente ad un inquadramento geografico generale.



Per quanto riguarda il rilievo, dopo una prima analisi dei test eseguiti in loco ed in considerazione dei risultati prefissati, sono state stabilite le spaziature reciproche tra i vari sensori e le distanze per le energizzazioni esterne ai profili da rilevare. Per la sezione eseguita sono state utilizzate spaziature di 5 m, mentre per quanto riguarda le distanze per le energizzazioni esterne al profilo, valori di 42.5 m sono risultati le distanze massime necessarie agli scopi dell'indagine. In totale sono stati acquisiti **230 metri lineari** di sezione sismica: **115 ml** (onde P) e **115 ml** (onde SH).

3. Strumentazione, acquisizione e metodo di elaborazione dati

Tutti i metodi di indagine in sismica si basano sul principio che la velocità con cui la deformazione prodotta artificialmente si propaga nei terreni è funzione delle caratteristiche elastiche dei terreni stessi e pertanto la possibilità di determinare dette velocità con grande dettaglio permette di assegnare caratteri ragionevolmente realistici ai terreni da investigare e di seguirne l'andamento in profondità.

Un sistema digitale di acquisizione dati, in sismica, è costituito sostanzialmente da sismometri (geofoni o accelerometri), amplificatori, filtri, convertitori A/D e supporti per la memorizzazione dei dati digitali.

Nel nostro caso è stato utilizzato un sismografo EG&G Geometrics mod. ES-2401 a 24 canali, dotato di filtri analogici e digitali, *notch filter* a 50 Hz ed *Automatic Gain Control* che, con convertitore A/D a 14+1 bit, preceduto da un amplificatore a virgola mobile istantanea (IFP), permette di ottenere un range di 18+1 bit con escursione dinamica del segnale di 114 dB. Per quel che riguarda i sensori, sono stati utilizzati geofoni verticali (24), mod. 14-600 della GEOSPACE, con frequenza propria di 14 Hz, e i geofoni orizzontali (24), mod. OYO GEOSPACE GS20DM con frequenza propria di 14 Hz 270 Ω di resistenza propria, 70 % di smorzamento e con bolla livellante.

I dati acquisiti vengono immagazzinati in memoria con risoluzione di 32 bit, visualizzati sul display a cristalli liquidi retroilluminato e quindi re-



gistrati su dischetti da 3,5"; possono inoltre essere stampati dalla stampante termica incorporata. I dati registrati possono essere richiamati dal dischetto e ulteriormente elaborati dal PC incorporato nel sismografo o trasportati su altri elaboratori per le successive elaborazioni.

La generazione di onde P è avvenuta mediante una massa battente da 30 kg ad impatto verticale, mentre per quel che riguarda la produzione di onde SH si utilizza generalmente una trave di circa 2.15 m di lunghezza dove viene applicato un pendolo, alla cui estremità è appesa una massa battente del peso di 30 kg. Tale struttura è resa solidale al terreno mediante l'applicazione di un carico (rappresentato nel nostro caso dalla stessa autovettura). La tavola viene colpita lateralmente dalla massa battente a caduta libera, in modo da generare onde di taglio SH ad elevata energia. Per poter riconoscere in maniera inequivocabile sui sismogrammi le onde di taglio SH, che non costituiscono mai la prima fase, sono state effettuate energizzazioni ai due estremi della tavola, in modo da generare treni d'onda identici, ma in opposizione di fase. Ogni energizzazione viene quindi memorizzata su supporto magnetico sia singolarmente che, invertendo la fase, come somma.

Il metodo di elaborazione utilizzato nel corso delle analisi dei dati in rifrazione, è stato il *Generalized Reciprocal Method* (GRM) che consente di delineare rifrattori ondulati, ad ogni profondità e di numero infinito da dati sismici a rifrazione in linea che consistano di tempi-distanza in andata e ritorno. I tempi di arrivo a due sensori distinti e per profili in andata e ritorno sono combinati per ottenere la velocità del rifrattore, il calcolo della sezione tempi-profondità ed il fattore di conversione in profondità. Il fattore di conversione, e quindi il metodo, è indipendente dalla pendenza degli strati fino ad angoli superiori a 20 gradi. Il GRM in definitiva è un metodo di interpretazione globale e sintetico per il quale molti dei metodi esistenti sono dei casi particolari.

Oltre al GRM, in alcuni casi, è stato utilizzato, per conferma e confronto, un algoritmo di inversione che usa il *delay-time method* per ottenere un primo modello approssimato in profondità, che viene quindi affinato mediante una serie di *ray-tracing*, ed un processo di aggiustamento con ite-



razioni successive che tende a minimizzare le discrepanze tra i tempi di arrivo misurati in campagna ed il corrispondente modello di profondità.

In questo caso specifico è stato utilizzato come sistema di elaborazione principale il *delay-time method* affinato mediante una serie di *ray-tracing*, ed il GRM come verifica e conferma dei risultati ottenuti.

Terminata la fase preliminare di verifica dati, mediante la metodologia GRM, è stato utilizzato un nuovo sistema di analisi dei dati sismici che consente di elaborare profili a bassa, media ed elevata copertura. Le dromocrone ricavate dall'interprete vengono elaborate sulla base di tre distinte metodologie analitiche: CMP (intercept time refraction), Plus-Minus e Wavefront. Il metodo Wavefront rappresenta una ulteriore ottimizzazione del metodo GRM. Invece di assumere come costante la distanza XY tra i vari ricevitori, il metodo Wavefront stima ad ogni geofono la distanza rispetto agli altri, attraverso l'angolo di emergenza del fronte d'onda sia diretto che inverso. Tale caratteristica permette di analizzare, con ottimi risultati, anche rifrattori con superfici ondulate ed irregolari.

Il software "Rayfract", utilizzato nel corso del presente lavoro, permette, successivamente ai predetti passaggi, di utilizzare il metodo "Delta-t-V" che è in grado di evidenziare gradienti di velocità verticali all'interno degli strati, aumenti lineari di velocità con la profondità, faglie e locali anomalie di velocità. Il metodo Delta-t-V valuta la distribuzione delle velocità lungo il profilo di interesse. Ciò consente, sfruttando il metodo dell'inversione, di ottenere in corrispondenza delle varie stazioni installate, valori di profondità in funzione della velocità.

I dati così ottenuti vengono definitivamente elaborati mediante metodologia tomografica, "WET Tomography", che permette una stima migliore delle velocità, risultando meno dipendente dalla spaziatura dei ricevitori e da topografie estreme.



4. Analisi degli elaborati

Nei diagrammi delle **Tavole 02-03** sono rappresentate le curve tempi-distanze, Dromocrone, che scaturiscono dalle letture eseguite sui dati di campagna, i cui valori numerici sono riportati nelle Tabelle allegate.

Nei diagrammi tempi-distanze, in ascisse, in scala 1:500 sono riportate le distanze dei sensori dall'inizio dell'allineamento e, in ordinate, i tempi di arrivo, espressi in millisecondi agli stessi sensori.

Nella **Tavola 04** si ha congiuntamente, nella parte alta, la sezione sismostratigrafica ottenuta mediante onde P e, nella parte bassa, la stessa ma ottenuta mediante Onde SH. Le rappresentazioni propongono, in ascisse, in scala 1:500 le distanze dei sensori dall'inizio del profilo e, in ordinate, sempre in scala 1:500, le quote in metri sul livello del mare.

Nella **Tavola 05** si ha congiuntamente, nella parte alta, la sezione litostratigrafica ottenuta mediante onde P e, nella parte bassa, la stessa ma ottenuta mediante Onde SH. Le rappresentazioni propongono, in ascisse, in scala 1:500 le distanze dei sensori dall'inizio del profilo e, in ordinate, sempre in scala 1:500, le quote in metri sul livello del mare.

Al di sotto della superficie topografica l'inviluppo dei cerchi rappresenta l'interfaccia tra uno strato ed un altro.

I metodi di interpretazione in sismica a rifrazione forniscono, infatti, gli spessori degli strati valutando la distanza minima tra i sensori ed il rifrattore sulla perpendicolare allo strato e non sulla sua verticale; di conseguenza la superficie rifrangente, al di sotto di ogni dato punto, può giacere ovunque su di un cerchio centrato in quel punto e con raggio uguale allo spessore dello strato.

Ciò è quanto riportato nelle sezioni al di sotto della superficie topografica. L'inviluppo dato da questi cerchi è una buona approssimazione della forma e posizione del rifrattore.



Nelle **Tavole 06-07** si hanno le sezioni tomografiche interpretate realizzate mediante la “WET Tomography” con le relative curve di iso-velocità. Sotto ciascuna sezione bidimensionale (quote/lunghezza dello stendimento) viene riportata una scala in falsi colori che esprime i valori di velocità all’interno della sezione.

Le sezioni sismiche litostratigrafiche interpretate e le sezioni tomografiche interpretate sono pertanto il risultato conclusivo dell'analisi dei dati sintetizzati nelle altre tavole e tabelle.

5. Risultati del rilievo

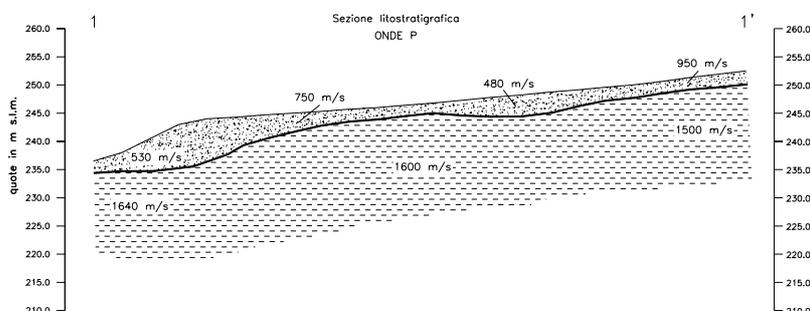
I dati ottenuti dalla sezione sismica eseguita sia mediante onde P che onde SH definiscono un rifratore posizionato mediamente a 3.3 m di profondità nel profilo eseguito mediante onde P ed a ca. 4.6 m nel profilo eseguito mediante onde SH. Dall’osservazione del profilo ottenuto mediante onde P ed onde SH si notano alcune lievi discrepanze tra la superficie rifrangente identificata; tali discrepanze, generalmente, possono esser dovute o alla presenza di un livello saturo, ben identificabile dai valori relativi alle onde di compressione P ed ininfluenze sulle onde di taglio SH che non si propagano nei liquidi o a zone con argille meno compatte.

Nella zona il rifratore mette a contatto i materiali eterogenei di copertura relativi a materiale di riporto e detrito di copertura, caratterizzati da velocità delle onde sismiche compressionali (P) variabili tra 480 m/s e 950 m/s, e da velocità delle onde sismiche di taglio (SH) variabili tra 150 m/s e 250 m/s; il rifratore principale, che nell’area in esame è riferibile alle argille lacustri presenta velocità comprese tra 1.500-1.640 m/s (onde P) e tra 330-380 m/s (onde SH).

La **Sezione 1-1'**, eseguita in direzione OSO-ENE, presenta un rifratore con profondità variabili generalmente comprese tra 1.8 e 7.9 m (Onde P) e tra 1.1 e 7.0 m (Onde SH). Le profondità maggiori si rilevano, per entrambe le sezioni, lungo la parte iniziale (sensori 3-7), dove risulta maggiore la coltre di riporto. Le due sezioni si differenziano in mo-



do più netto oltre la progressiva 60 ml, con le Onde P che si mantengono più superficiali



rispetto alle onde SH che tendono ad approfondirsi maggiormente (ca. 6.0 m).

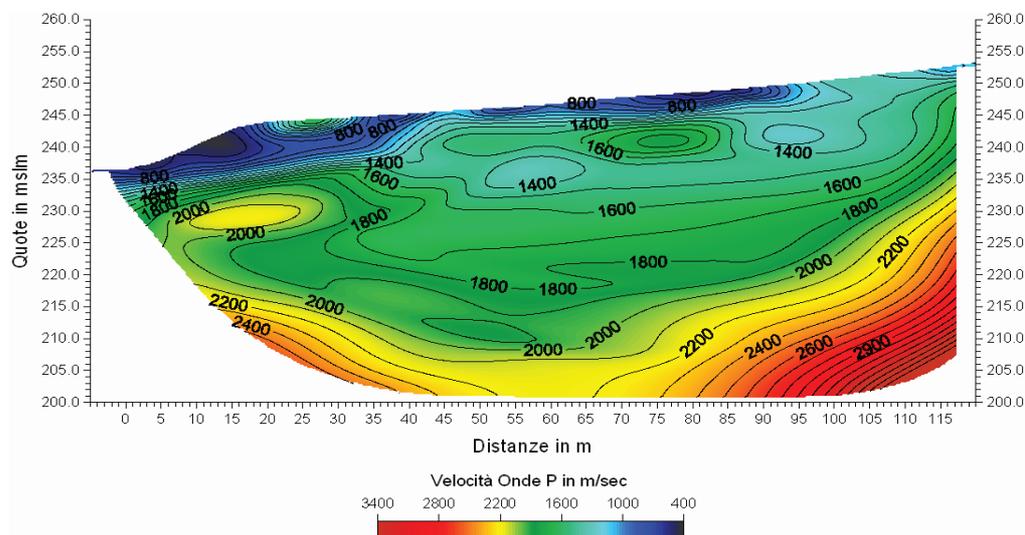
Tale discrepanza sembra appunto legata alla presenza del passaggio tra materiale anidro a materiale saturo, ben evidenziato dalle Onde P. Il rifratore individuato dalle onde SH invece sembra identificare il passaggio tra argille meno consistenti ad argille più consistenti.

La distribuzione della velocità delle onde sismiche compressionali (P) nei materiali che costituiscono il rifratore principale mostra valori costanti, mediamente attorno a 1.580 m/s. Per quanto riguarda le velocità delle onde sismiche compressionali (P) nei materiali di copertura, esse presentano valori piuttosto variabili compresi tra 480 m/s (tratto centrale) e 950 m/s (tratto finale).

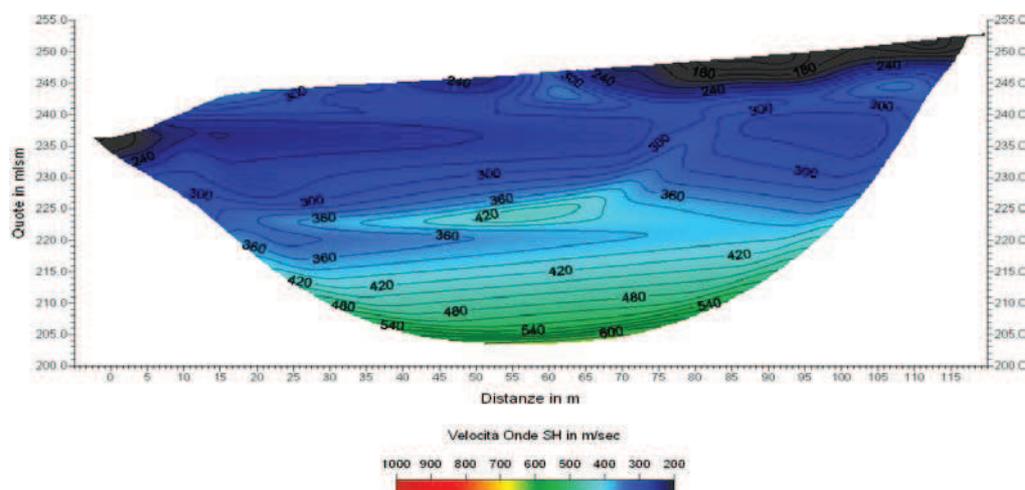
Le velocità delle onde sismiche di taglio (SH) relative ai materiali che definiscono il substrato roccioso, mostrano lo stesso andamento evidenziato per le Onde P, con valori medi prossimi ai 350 m/s. I materiali di copertura che costituiscono la coltre di copertura superficiale presentano velocità maggiori nel tratto centrale (ca. 235 m/s) e minori nel tratto iniziale/finale (150/140 m/s).

La sezione tomografica elaborata mediante Onde P evidenzia materiale a bassa velocità (curve di isovelocità dei 500/800 m/s) con spessori variabili lungo la sezione, maggiori nel tratto iniziale tratti definiti dalle progressive 0-40 ml, dove risulta maggiore la coltre di riporto. Per quanto riguarda il livello relativo al substrato argilloso, questo presenta alcune oscillazioni, soprattutto oltre la progressiva 40 ml, che sembrano indicare

un substrato a differente grado di compattazione e/o la presenza di variazioni composizionali dei materiali argillosi.



Per quel che riguarda la sezione tomografica eseguita con Onde SH si notano spessori maggiori della coltre superficiale sia nel tratto iniziale (sensori 1-4) che nel tratto centrale/finale (sensori 16-24). Nel resto della



sezione le velocità risultano piuttosto elevate molto probabilmente a causa della presenza del rilevato stradale. Più in profondità i materiali risultano definiti dalle curve di isovelocità dei 300- 400 m/s e come già evidenziato per le one P, si rilevano alcune oscillazioni che sembrano riferibili alla presenza di materiali a diverso grado di compattazione e/o alla presenza di variazioni composizionali dei materiali argillosi.



6. Considerazioni conclusive

L'indagine mediante sismica a rifrazione con onde P ed onde SH ha puntualmente localizzato in profondità l'andamento della superficie di contatto tra i materiali di copertura superficiali relativi a materiale di riporto e detrito di copertura, ed il substrato roccioso.

La superficie del substrato argilloso, nell'area indagata, in località **“STECCONATA” SCARPERIA (FI)**, si localizza ad una profondità che varia rispetto al piano campagna da ca. 3.3 m di profondità nel profilo eseguito mediante onde P a ca. 4.6 m nel profilo eseguito mediante onde SH.

Le fluttuazioni di velocità delle onde sismiche compressionali che si notano dall'analisi delle velocità e delle curve di isovelocità, testimoniano, in generale, di locali cambiamenti nel grado di fratturazione o allentamento dei materiali stessi, altrimenti individuano passaggi laterali tra litotipi diversi. A parità di altre condizioni, infatti, a velocità maggiori corrispondono materiali più addensati o a minor degrado e viceversa a velocità inferiori, materiali a minor addensamento o a maggior degrado.

Considerando quindi le curve di velocità riportate per ciascuna sezione (*Velocity Analysis Function*) (**Tavole 02-03**) e soprattutto le sezioni tomografiche (**Tavole 06-07**), si notano alcune variazioni legate principalmente sia alla presenza di zone a differente grado di compattazione che a variazioni laterali dei materiali.

Le variazioni di velocità delle onde sismiche compressionali osservate nei materiali più superficiali sono risultate limitate, e testimoniano la presenza di una coltre superficiale di riporto omogenea, presente soprattutto lungo la parte iniziale della sezione, così come ben evidenziato dalle sezioni tomografiche eseguite.

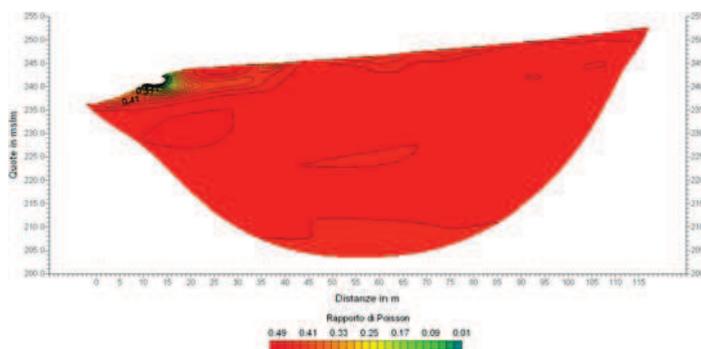


Inoltre è stata compiuta sulla sezione sismica un'ulteriore elaborazione tomografica per esprimere l'andamento del Coefficiente dinamico di Poisson.

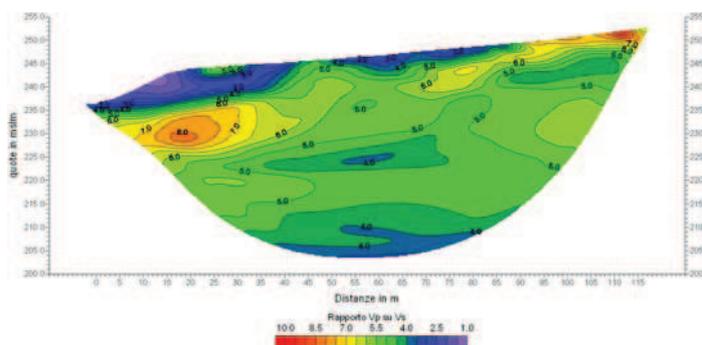
La formula usata nel calcolo del coefficiente di Poisson è la seguente, dove con V_p e V_s sono indicate rispettivamente la velocità delle onde di compressione P e di taglio SH in m/s:

$$\text{Modulo di Poisson, } \nu = \frac{V_p^2 - 2 \cdot V_s^2}{2 \cdot (V_p^2 - V_s^2)} \quad (\text{n. adimensionale})$$

E' evidente come i materiali superficiali sia nella parte iniziale che nel tratto finale presentino valori compresi tra 0.20 e 0.40. Più in profondità i valori del rapporto si mostrano costanti e compresi tra 0.43-0.49.



Si è avuto inoltre cura di verificare il rapporto V_p su V_s lungo lo stendimento eseguitoi. Si nota come tutti i materiali più superficiali presentino un rapporto V_p/V_s mai superiore a 3.0, e con spessori maggiori nel tratto iniziale (materiale di riporto).



I materiali appartenenti al substrato argilloso presentano invece un rapporto generalmente variabile tra 4.0 e 6.0. Da rilevare come nel tratto iniziale (a profondità superiori ai 10/15 m) e nel tratto finale (in superficie) si osservano

valori del rapporto che raggiungono valori di ca. 7.0-8.0. A conferma di quanto già evidenziato in precedente le variazioni del rapporto all'interno



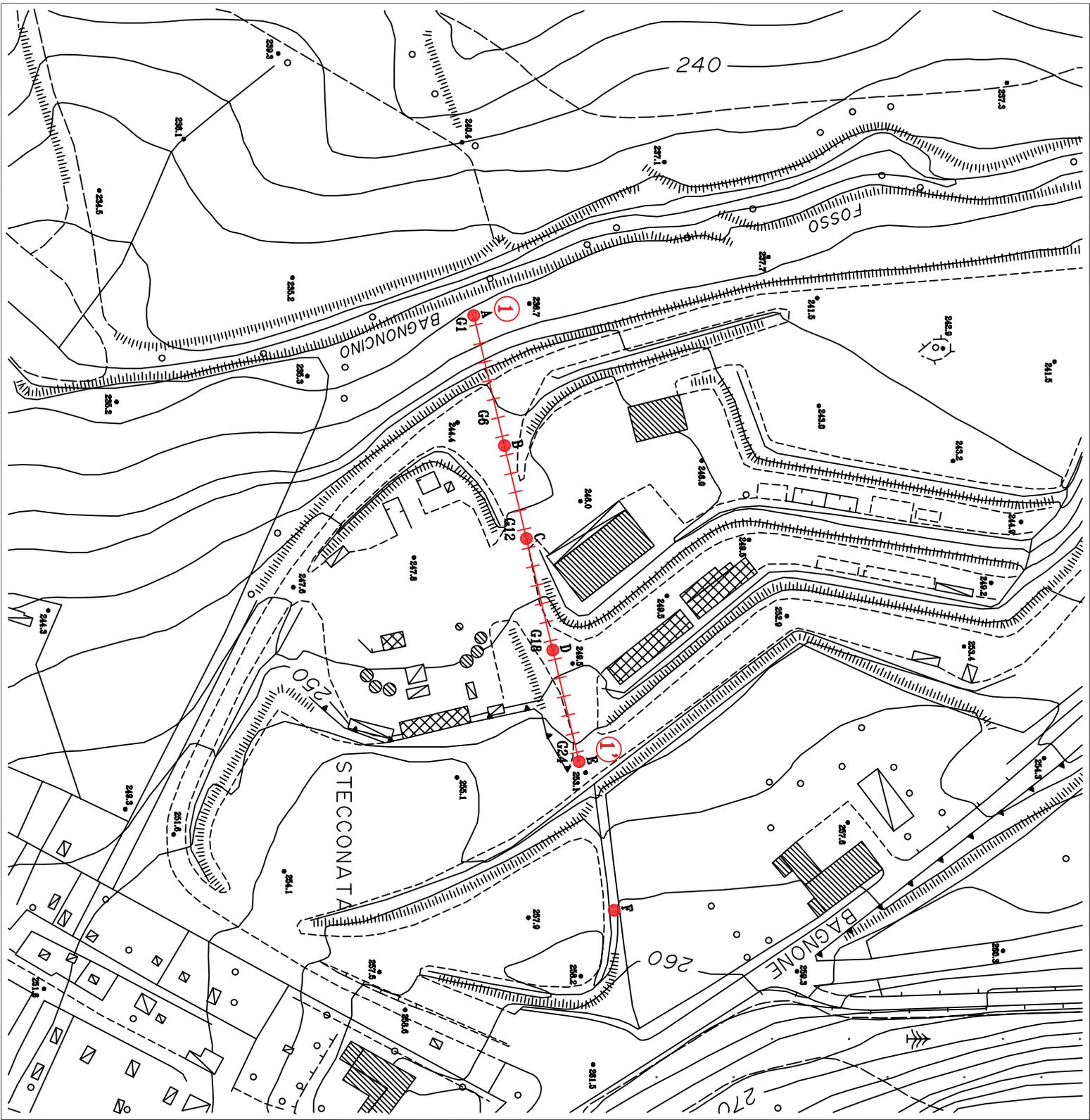
dei materiali appartenenti al substrato argilloso sembrano indicare materiale a diverso grado di compattazione e/o variazioni composizionali dei materiali.

Complessivamente l'intervento ha dato risposte univoche ai quesiti posti: è stata individuata la superficie di passaggio tra i materiali più superficiali relativi a materiale di riporto e detrito di copertura ed il substrato argilloso.

La V_{s30} calcolata in ottemperanza al nuovo D.M. 23/09/2005 "Norme Tecniche per le Costruzioni" è risultata essere pari a **302,79 m/s** relativa ad un suolo di fondazione di **Categoria C.**

Firenze, Marzo 2007

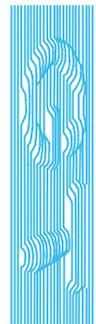
Geofisica Toscana s.a.s.
il Direttore Tecnico
Dr. Giorgio Poggiali



Indagine geofisica mediante sismica a rifrazione e Tomografia sismica (Net Tomography) con onde P e SH presso il Cantiere CAVEF - località "Stecconata" Comune di Scarperia (FI)

Tavola 01
Ubicazione sezioni

Geofisica
Toscana s.a.s.
Firenze

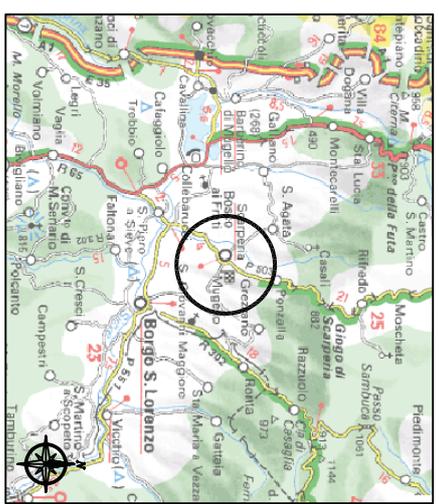


Legenda

- sezione Tomografia Sismica
- Shot Point
- Posizione geofoni

Scala: 1:1000 Marzo 2007

Area dell'intervento



Indagine geofisica mediante sismica a rifrazione e Tomografia sismica (Net Tomography) con onde P e SH presso il Cantiere CAVEF - località "Stecconata" (Comune di Scarperia (FI))

Tavola 02 - Onde P

Dromerone - Velocity Analysis Function

**Geofisica
Toscana s.a.s.
Firenze**

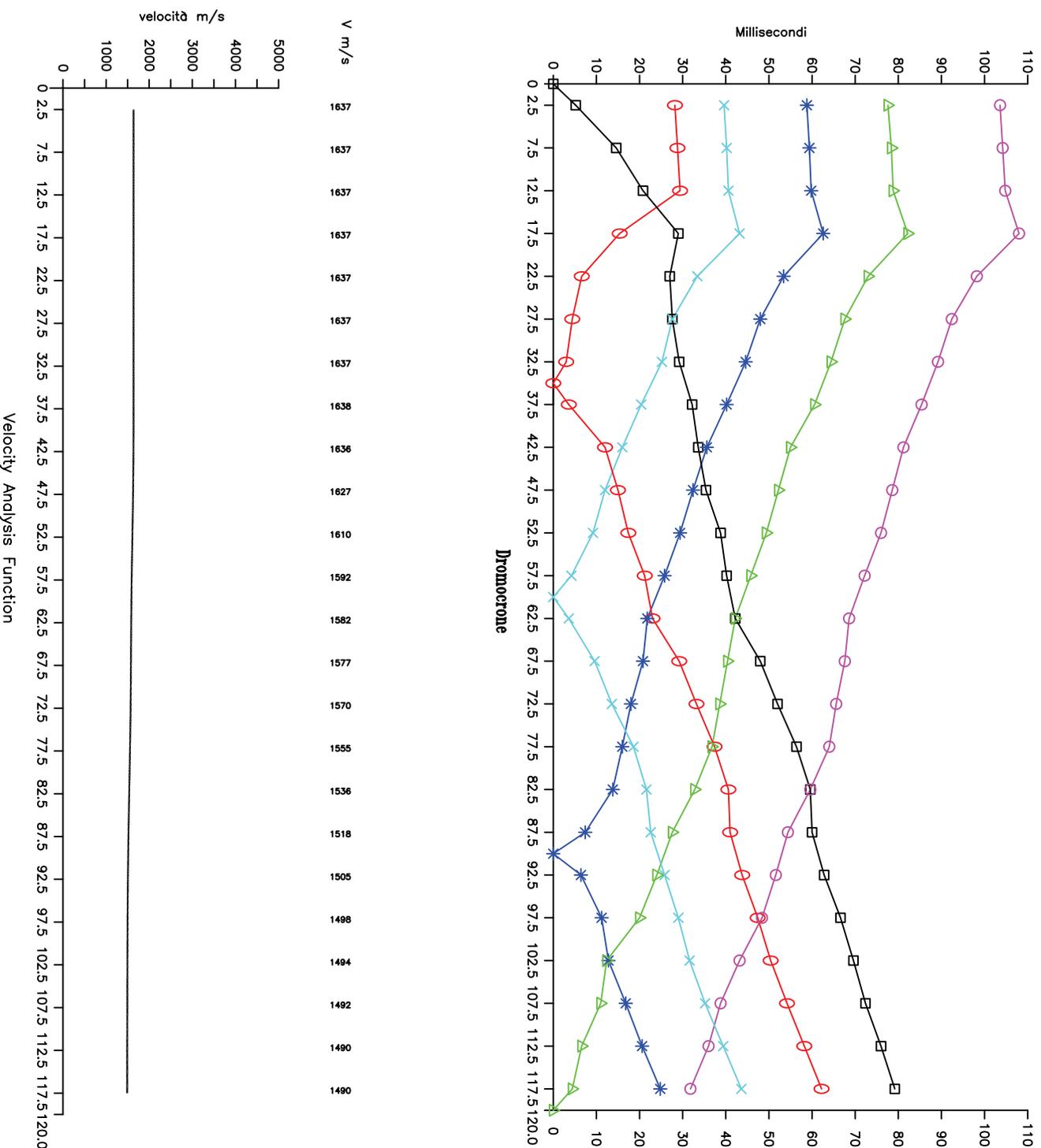


Tempi d'arrivo in m/sec

	# geofono SP12.5m	SP7.5	SP12.13	SP18.19	SP24+25m	SP+42m
1	6.30	28.20	39.60	59.80	77.60	102.60
2	14.60	28.80	40.20	59.40	78.40	104.20
3	20.80	29.40	40.80	59.80	78.80	104.80
4	29.00	15.40	43.20	62.60	82.20	106.00
5	27.00	6.80	33.40	53.40	73.00	99.20
6	27.60	4.40	27.60	48.00	67.60	92.40
7	28.20	3.00	25.20	44.80	64.40	89.20
8	30.20	3.60	20.40	40.20	60.60	85.40
9	33.60	12.00	19.00	36.60	56.00	81.20
10	36.40	17.40	9.20	32.40	48.40	75.80
11	38.80	17.40	9.20	29.40	46.00	72.20
12	40.20	23.00	4.20	26.80	43.20	69.80
13	42.20	23.00	9.60	20.80	40.40	67.60
14	48.00	28.20	9.60	18.00	38.80	65.80
15	52.00	33.20	13.60	18.00	38.80	65.80
16	56.40	37.40	18.60	16.00	36.80	64.00
17	59.60	40.60	21.60	13.80	32.80	59.80
18	60.00	41.00	22.60	7.40	27.60	54.40
19	62.80	43.00	25.80	6.40	24.00	51.80
20	69.60	47.40	29.00	11.20	20.00	48.40
21	72.40	54.20	31.60	12.80	12.40	43.20
22	72.40	54.20	35.20	16.80	11.00	38.80
23	76.00	60.20	39.40	20.60	6.00	36.00
24	79.20	63.20	43.60	24.80	4.00	31.80

Legenda

- Shot Point A
- Shot Point B
- × Shot Point C
- * Shot Point D
- △ Shot Point E
- ◇ Shot Point F



Velocity Analysis Function

Indagine geofisica mediante sismica a rifrazione e
 Tomografia sismica (Net Tomography)
 con onde P e SH
 presso il Cantiere CAVEF - località "Stecconata"
 Comune di Scarperia (FI)

Tavola 03 - Onde SH

Dromerone - Velocity Analysis Function

Geofisica
 Toscana s.a.s.
 Firenze

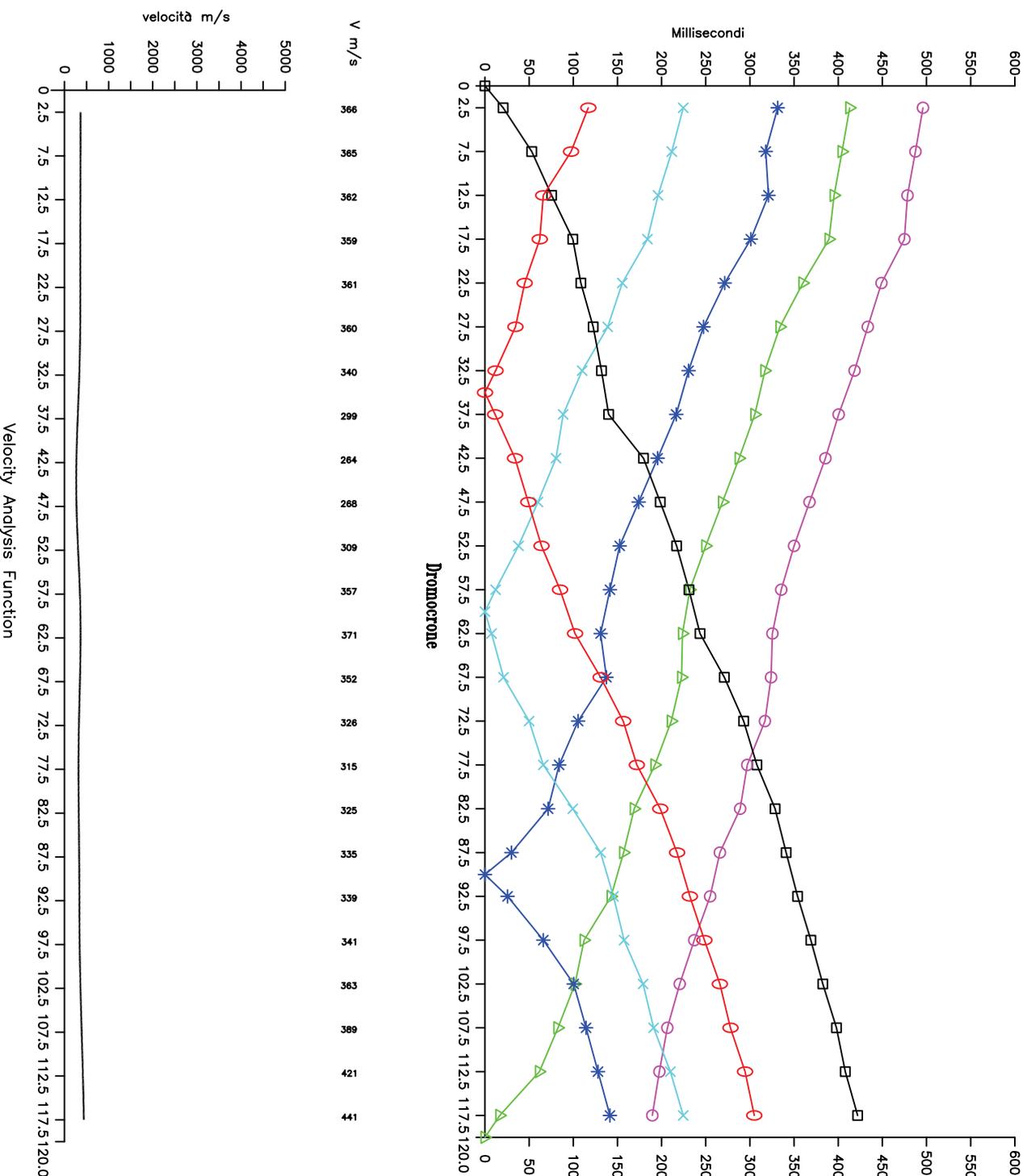


Tempi d'arrivo in m/sec

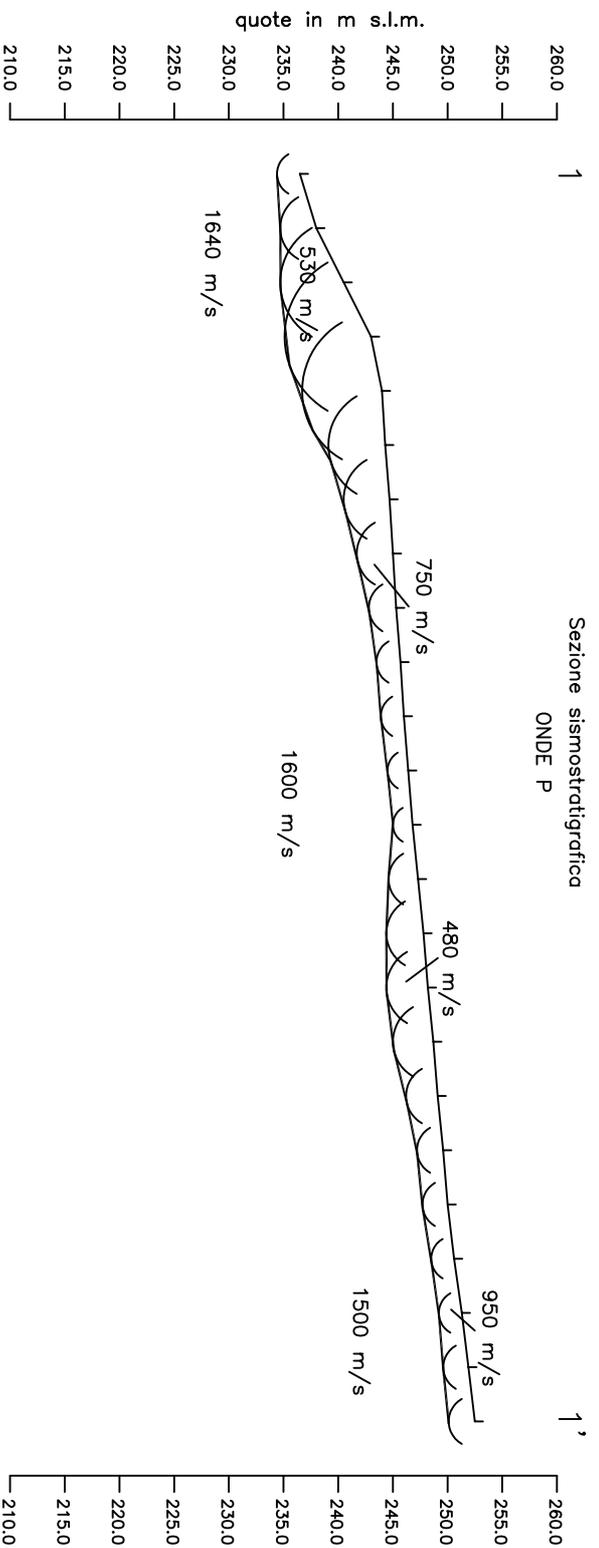
n° geofono	SP123m	SP178	SP1743	SP1819	SP24423m	SP442m
1	20.50	117.00	224.50	331.50	410.00	490.00
2	62.00	97.50	211.50	319.00	401.42	487.50
3	76.50	66.00	196.00	321.00	396.42	478.50
4	59.50	62.00	194.00	301.00	389.52	475.00
5	106.50	46.00	156.50	271.50	350.00	449.00
6	122.50	24.50	139.00	247.50	324.00	423.50
7	132.00	12.00	119.00	230.50	317.00	419.50
8	140.00	24.00	88.50	239.50	306.82	400.50
9	119.50	44.00	62.50	194.50	287.50	365.50
10	179.50	49.00	35.00	174.50	269.00	350.50
11	217.00	64.00	35.00	154.50	258.00	320.00
12	210.50	103.00	7.50	131.00	228.00	304.00
13	210.50	131.00	17.50	137.50	222.50	304.00
14	271.00	131.00	71.00	137.50	222.50	304.00
15	296.00	158.50	65.00	186.50	190.42	297.00
16	329.50	172.00	65.00	186.50	190.42	297.00
17	329.50	199.50	59.50	71.50	189.00	289.00
18	341.00	217.50	131.00	307.00	157.00	269.00
19	354.00	225.00	146.50	26.50	142.50	256.00
20	380.50	248.50	157.50	66.00	112.20	229.00
21	380.50	279.00	179.00	100.50	100.00	220.50
22	380.50	294.50	191.00	114.50	82.00	205.50
23	489.00	210.00	139.00	119.00	67.00	197.50
24	489.00	305.00	224.50	141.50	16.00	197.50

Legenda

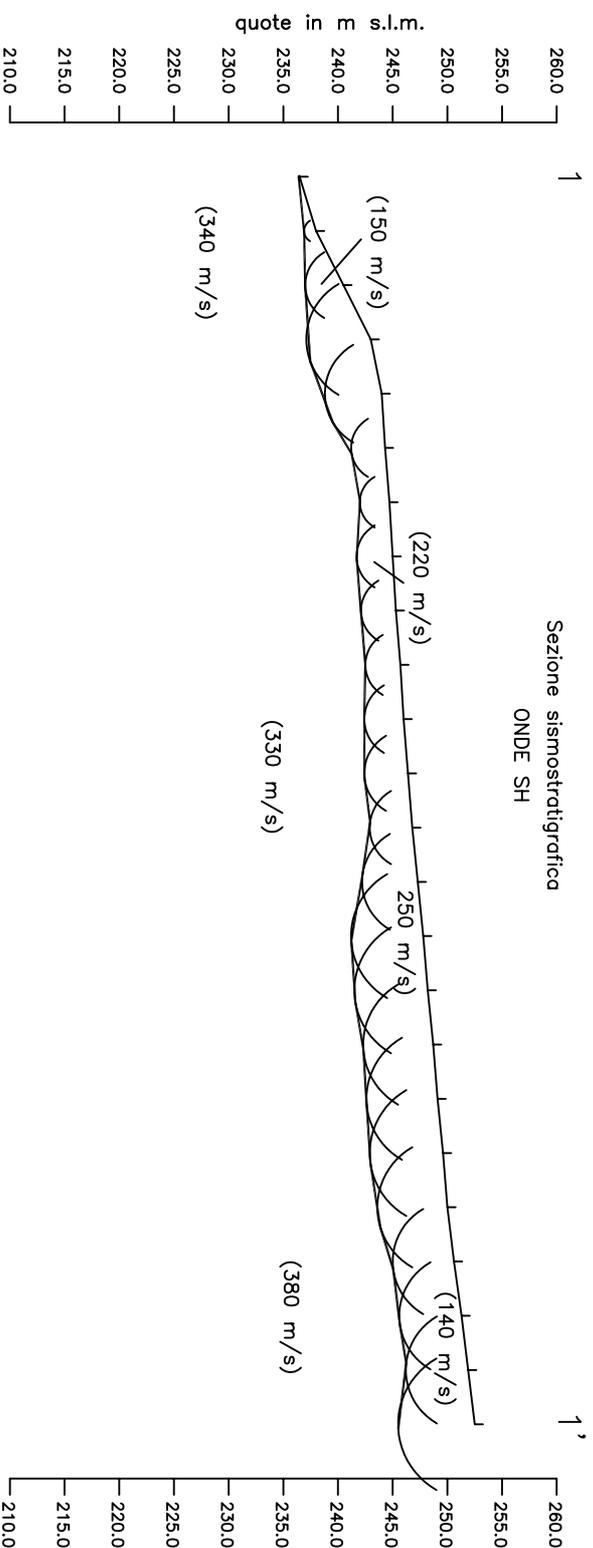
- Shot Point A
- Shot Point B
- × Shot Point C
- * Shot Point D
- △ Shot Point E
- ◇ Shot Point F



Velocity Analysis Function



num. staz.	dist. in m	quote in m s.l.m.	prof. in m do p.c. Onde P
1	0	236.50	2.10
2	5	238.00	3.30
3	10	240.50	5.80
4	15	243.00	7.90
5	20	244.00	5.20
6	25	244.30	5.20
7	30	244.70	4.20
8	35	245.00	3.30
9	40	245.30	3.20
10	45	245.70	2.20
11	50	246.00	3.60
12	55	246.40	4.00
13	60	246.80	3.90
14	65	247.30	5.10
15	70	247.80	6.60
16	75	248.20	6.70
17	80	248.70	6.40
18	85	249.10	6.50
19	90	249.60	6.70
20	95	250.00	6.40
21	100	250.60	5.60
22	105	251.30	5.70
23	110	251.90	5.70
24	115	252.50	7.00



Indagine geofisica mediante sismica a rifrazione e Tomografia sismica (Met Tomography) con onde P e SH presso il Cantiere CAVEF - località "Steconata" Comune di Scarperia (FI)

**Tavola 04 - Onde P - Onde SH
Sezione sismostratigrafica**

**Geofisica
Toscana s.a.s.
Firenze**



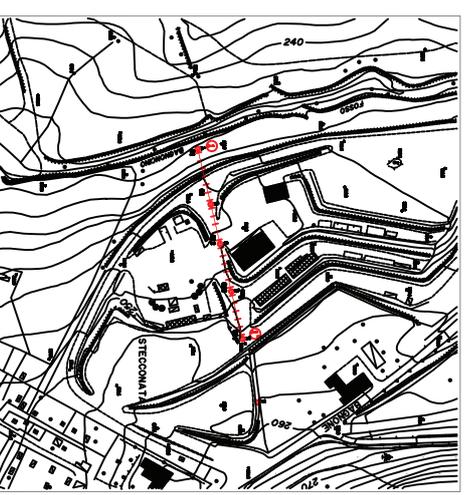
Legenda

Profilo topografico

Distanza dalla superficie topografica del limite di strato all'involuppo degli archi

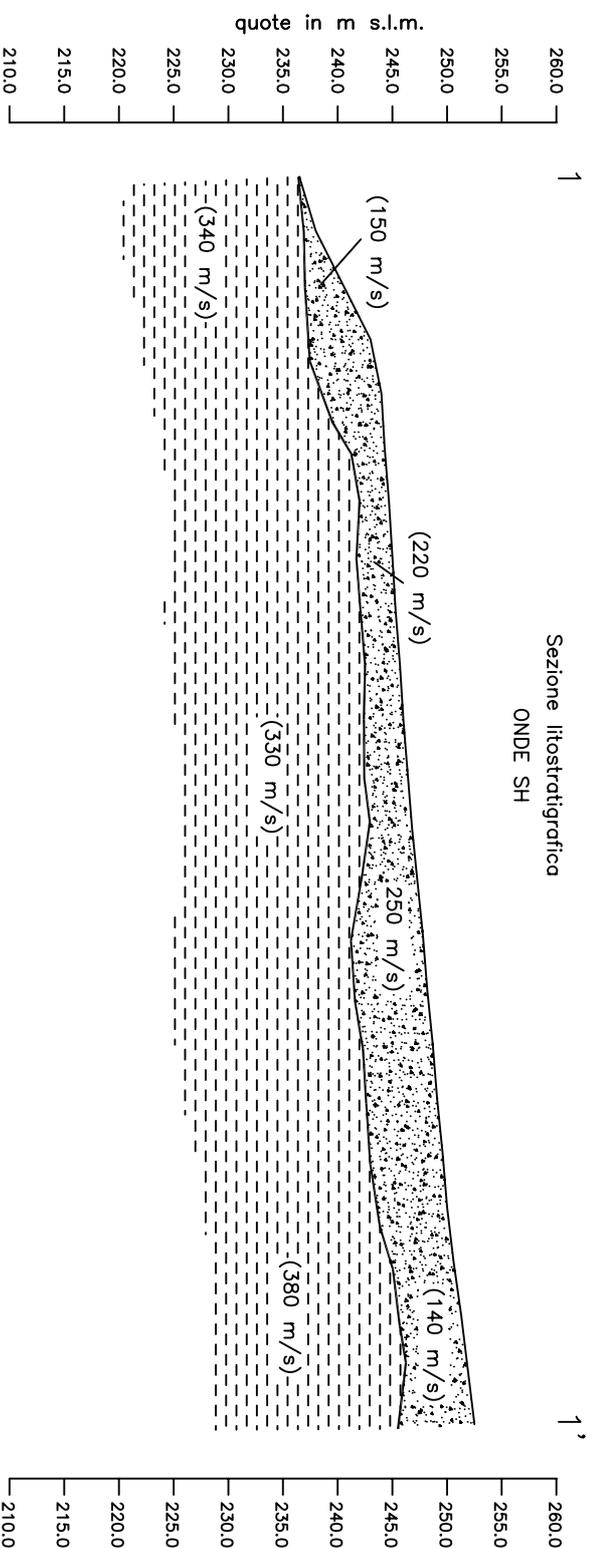
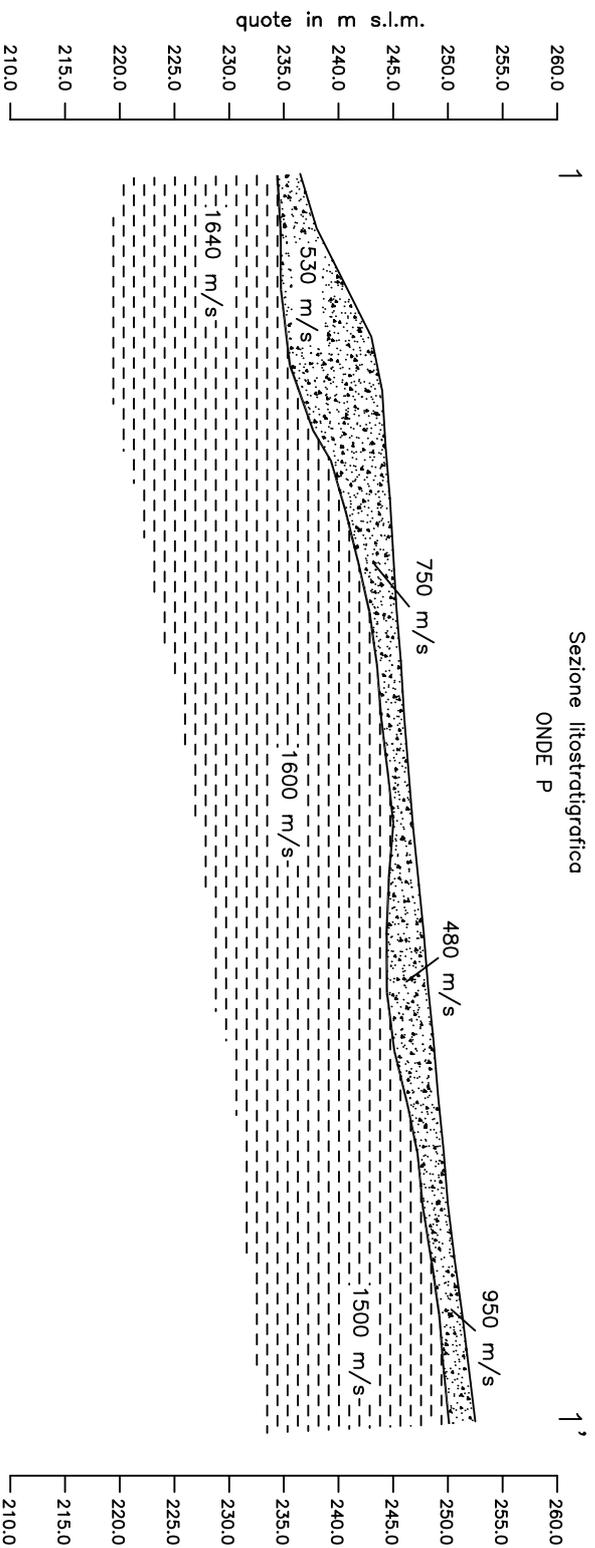
2500 m/s Velocità sismica dello strato in metri al secondo

Ubicazione sezione sismica



Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Marzo 2007



Indagine geofisica mediante sismica a rifrazione e Tomografia sismica (Met Tomography) con onde P e SH presso il Cantiere CAVER - località "Steconata" Comune di Scarperia (FI)

**Tavola 05 - Onde P - Onde SH
Sezione litostratigrafica**

**Geofisica
Toscana s.a.s.
Firenze**

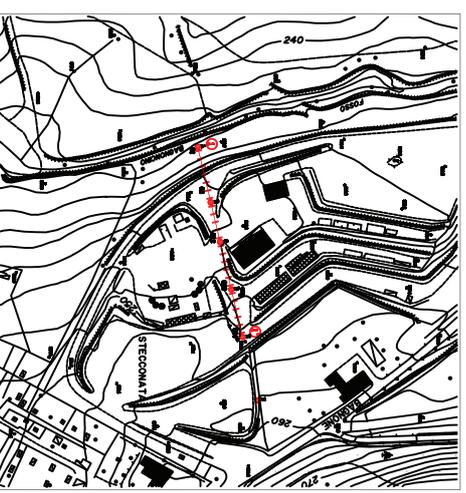


Legenda

-  Profilo topografico
-  Contatto stratigrafico
-  2500 m/s Velocità sismica onde P
-  (2500 m/s) Velocità sismica onde SH

-  Materiale di riporto
Detrito di copertura
-  Substrato argilloso

Ubicazione sezione sismica



Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Marzo 2007



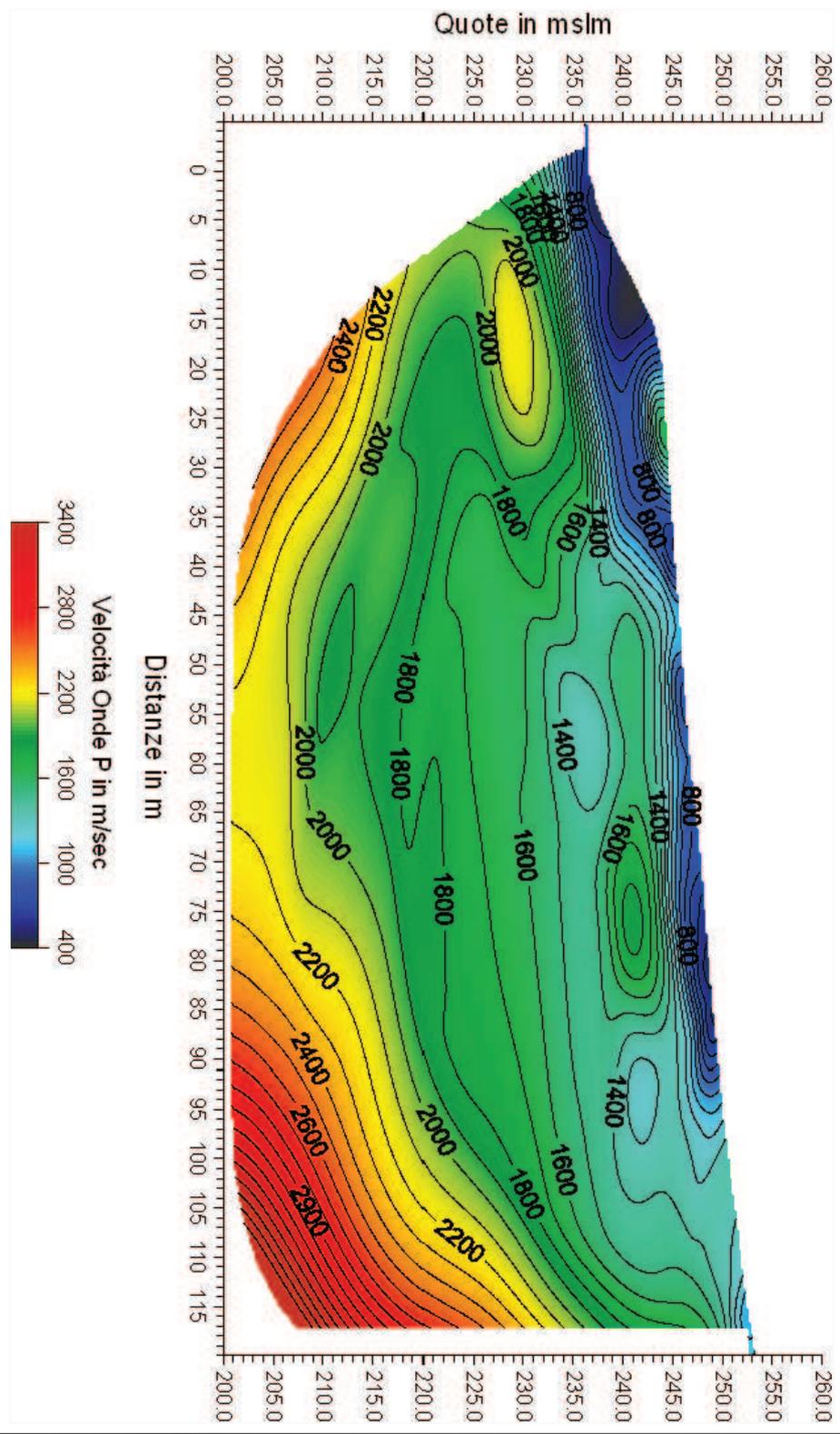
Indagine geofisica mediante sismica a rifrazione e Tomografia sismica (Net Tomography) con onde P e SH presso il Cantiere CAVET - località "Steconata" Comune di Scarperia (FI)

Tavola 06 - Onde P
Sezione tomografica interpretata

Geofisica
Toscana s.a.s.
Firenze

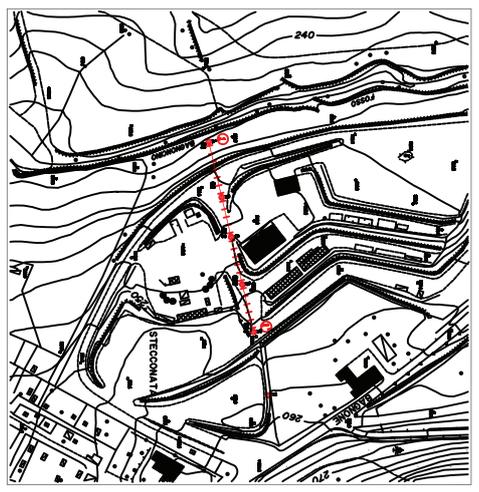


1
Sezione tomografica
ONDE P



1'

Ubicazione sezione sismica



Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

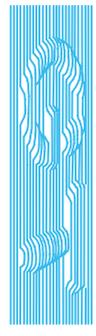
Marzo 2007



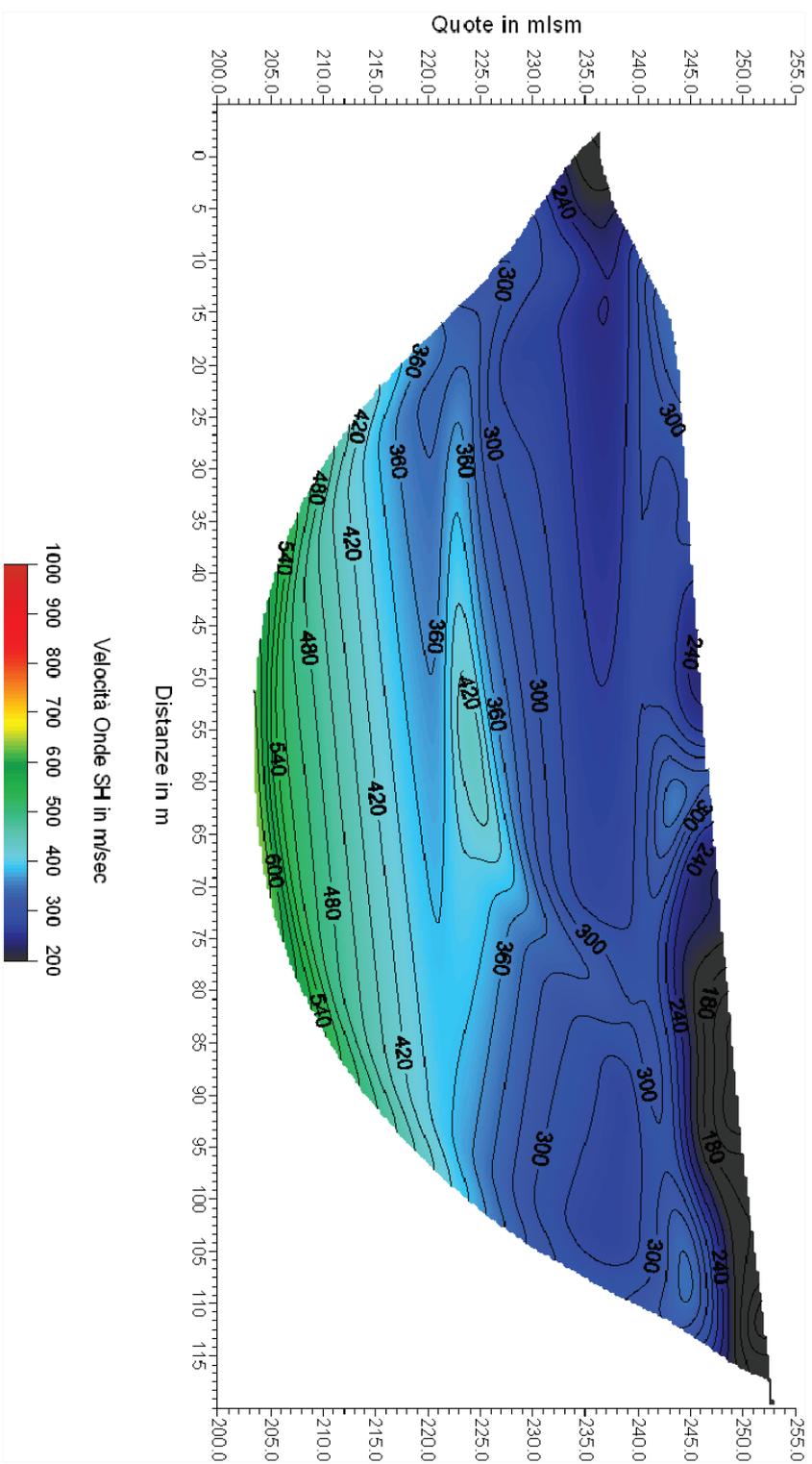
Indagine geofisica mediante sismica a rifrazione e Tomografia sismica (Net Tomography) con onde P e SH presso il Cantiere CAVEF - località "Steconata" Comune di Scarperia (FI)

Tavola 07 - Onde SH
Sezione tomografica interpretata

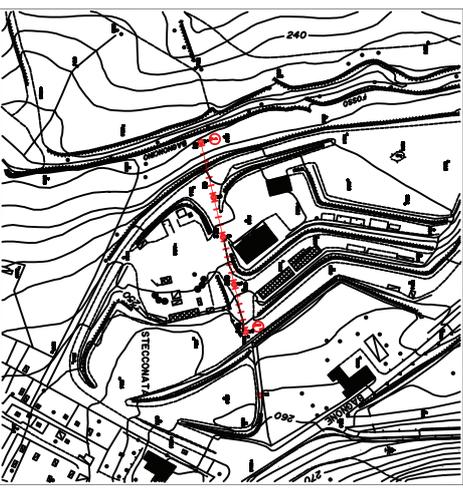
Geofisica
Toscana s.a.s.
Firenze



1 Sezione tomografica
ONDE SH **1'**



Ubicazione sezione sismica



Scala Verticale 1:500
Scala Orizzontale 1:500

Marzo 2007

Stratigrafie dei sondaggi

STRATIGRAFIA S1 - 1

SCALA 1 : 100

Pagina 1/1

Riferimento: PUBLIACQUA spa	Sondaggio: 1
Località: SCARPERIA	Quota:
Impresa esecutrice: MAPPO GEO srl	Data: 05/03/2007
Coordinate:	Redattore: dott. Andrea Carnignani
Perforazione: carotaggio continuo	

ø mm	R v	A r	Pz	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T.		RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE
										S.P.T.	N			
				0.8										Massicciata, terreno di riempimento e terreno rimaneggiato
				1										Argilla ed argilla limosa da compatta a molto compatta di colore grigiastro
				2		1) She < 2,20 2,70								
				3										
				4		2) She < 4,20 4,70				03-05-06	11			
				5						04-06-09	15			
				6										
				7										
				8										
				9										
				10										
				11										
				12										
				13										
				14										
				15										
				16										
				17										
				18										
				19										
				20									20.0	

Quota inizio SPT1 - 3.50 m
 Quota inizio SPT2 - 4.70 m

STRATIGRAFIA S2 - 2

SCALA 1 : 100

Pagina 1/1

Riferimento: PUBLIACQUA spa	Sondaggio: 2
Località: SCARPERIA	Quota:
Impresa esecutrice: MAPPO GEO srl	Data: 06/03/2007
Coordinate:	Redattore: dott. Andrea Carnignani
Perforazione: carotaggio continuo	

ø mm	R v	A r	Pz	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T.		RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE
										S.P.T.	N			
				0.2									0.2	Massicciata
				1										
				2		1) She < 2,00 2,50								
				3						03-06-09	15			
				4		2) She < 4,00 4,50								
				5						04-06-09	15		4.5	Argilla ed argilla limosa da compatta a molto compatta di colore grigiastro
				6										
				7										
				8										
				9										
				10									10.0	

Quota inizio SPT1 - 3.00 m

Quota inizio SPT2 - 4.50 m

Prove penetrometriche

PROVA PENETROMETRICA STATICA

LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 1

2.01PG05-077

- committente : PUBLIACQUA spa
 - lavoro :
 - località : loc. Scarperia
 - note : installato tubo piezometrico (12.0 m)

- data : 11/04/2007
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs
	punta	laterale	kg/cm ²				punta	laterale	kg/cm ²		
0,20	---	---	--	0,13	---	6,60	25,0	47,0	25,0	1,27	20,0
0,40	6,0	8,0	6,0	0,53	11,0	6,80	20,0	39,0	20,0	1,27	16,0
0,60	8,0	16,0	8,0	0,73	11,0	7,00	18,0	37,0	18,0	1,93	9,0
0,80	9,0	20,0	9,0	0,67	13,0	7,20	19,0	48,0	19,0	1,07	18,0
1,00	13,0	23,0	13,0	1,07	12,0	7,40	29,0	45,0	29,0	1,27	23,0
1,20	11,0	27,0	11,0	0,93	12,0	7,60	26,0	45,0	26,0	1,13	23,0
1,40	14,0	28,0	14,0	0,93	15,0	7,80	25,0	42,0	25,0	1,27	20,0
1,60	14,0	28,0	14,0	0,87	16,0	8,00	25,0	44,0	25,0	1,40	18,0
1,80	22,0	35,0	22,0	1,13	19,0	8,20	24,0	45,0	24,0	1,33	18,0
2,00	17,0	34,0	17,0	1,20	14,0	8,40	25,0	45,0	25,0	1,53	16,0
2,20	11,0	29,0	11,0	1,07	10,0	8,60	28,0	51,0	28,0	1,40	20,0
2,40	16,0	32,0	16,0	0,80	20,0	8,80	21,0	42,0	21,0	1,80	12,0
2,60	16,0	28,0	16,0	0,93	17,0	9,00	22,0	49,0	22,0	1,20	18,0
2,80	8,0	22,0	8,0	0,67	12,0	9,20	21,0	39,0	21,0	1,13	19,0
3,00	7,0	17,0	7,0	0,60	12,0	9,40	20,0	37,0	20,0	1,20	17,0
3,20	6,0	15,0	6,0	0,67	9,0	9,60	21,0	39,0	21,0	1,40	15,0
3,40	9,0	19,0	9,0	0,67	13,0	9,80	24,0	45,0	24,0	1,33	18,0
3,60	11,0	21,0	11,0	0,60	18,0	10,00	24,0	44,0	24,0	1,33	18,0
3,80	14,0	23,0	14,0	0,87	16,0	10,20	25,0	45,0	25,0	1,73	14,0
4,00	15,0	28,0	15,0	1,27	12,0	10,40	37,0	63,0	37,0	1,60	23,0
4,20	13,0	32,0	13,0	1,40	9,0	10,60	29,0	53,0	29,0	1,40	21,0
4,40	14,0	35,0	14,0	1,27	11,0	10,80	29,0	50,0	29,0	1,93	15,0
4,60	18,0	37,0	18,0	1,80	10,0	11,00	28,0	57,0	28,0	1,53	18,0
4,80	22,0	49,0	22,0	1,87	12,0	11,20	30,0	53,0	30,0	1,60	19,0
5,00	27,0	55,0	27,0	2,13	13,0	11,40	28,0	52,0	28,0	1,53	18,0
5,20	25,0	57,0	25,0	1,33	19,0	11,60	31,0	54,0	31,0	1,87	17,0
5,40	25,0	45,0	25,0	1,60	16,0	11,80	29,0	57,0	29,0	1,47	20,0
5,60	17,0	41,0	17,0	1,07	16,0	12,00	35,0	57,0	35,0	1,73	20,0
5,80	17,0	33,0	17,0	1,20	14,0	12,20	29,0	55,0	29,0	1,60	18,0
6,00	20,0	38,0	20,0	1,53	13,0	12,40	29,0	53,0	29,0	1,67	17,0
6,20	25,0	48,0	25,0	1,67	15,0	12,60	29,0	54,0	29,0	----	----
6,40	23,0	48,0	23,0	1,47	16,0						

- PENETROMETRO STATICO tipo PAGANI da 10/20t
 - COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s
 - punta meccanica tipo Begemann $\varnothing = 35.7$ mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
 - manicotto laterale (superficie 150 cm²)

PROVA PENETROMETRICA STATICA

LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 3

2.01PG05-077

- committente : PUBLIACQUA spa
 - lavoro :
 - località : loc. Scarperia
 - note :

- data : 11/04/2007
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs
	punta	laterale	kg/cm ²				punta	laterale	kg/cm ²		
0,20	---	---	--	1,20	---	5,20	12,0	20,0	12,0	0,60	20,0
0,40	7,0	25,0	7,0	1,27	6,0	5,40	10,0	19,0	10,0	0,53	19,0
0,60	25,0	44,0	25,0	1,07	23,0	5,60	7,0	15,0	7,0	0,47	15,0
0,80	37,0	53,0	37,0	1,73	21,0	5,80	13,0	20,0	13,0	0,73	18,0
1,00	23,0	49,0	23,0	0,87	27,0	6,00	10,0	21,0	10,0	0,53	19,0
1,20	15,0	28,0	15,0	1,07	14,0	6,20	17,0	25,0	17,0	0,67	25,0
1,40	27,0	43,0	27,0	1,13	24,0	6,40	14,0	24,0	14,0	0,67	21,0
1,60	15,0	32,0	15,0	0,80	19,0	6,60	15,0	25,0	15,0	0,73	20,0
1,80	16,0	28,0	16,0	0,33	48,0	6,80	15,0	26,0	15,0	0,67	22,0
2,00	27,0	32,0	27,0	1,40	19,0	7,00	14,0	24,0	14,0	0,87	16,0
2,20	11,0	32,0	11,0	0,60	18,0	7,20	16,0	29,0	16,0	0,87	18,0
2,40	14,0	23,0	14,0	0,53	26,0	7,40	19,0	32,0	19,0	0,87	22,0
2,60	12,0	20,0	12,0	0,27	45,0	7,60	19,0	32,0	19,0	0,87	22,0
2,80	11,0	15,0	11,0	0,33	33,0	7,80	20,0	33,0	20,0	1,00	20,0
3,00	6,0	11,0	6,0	0,47	13,0	8,00	21,0	36,0	21,0	1,13	19,0
3,20	9,0	16,0	9,0	2,27	4,0	8,20	22,0	39,0	22,0	1,13	19,0
3,40	14,0	48,0	14,0	0,87	16,0	8,40	22,0	39,0	22,0	1,27	17,0
3,60	5,0	18,0	5,0	0,20	25,0	8,60	20,0	39,0	20,0	1,20	17,0
3,80	4,0	7,0	4,0	0,20	20,0	8,80	18,0	36,0	18,0	2,13	8,0
4,00	5,0	8,0	5,0	0,27	19,0	9,00	27,0	59,0	27,0	1,27	21,0
4,20	7,0	11,0	7,0	0,33	21,0	9,20	23,0	42,0	23,0	1,13	20,0
4,40	7,0	12,0	7,0	0,53	13,0	9,40	21,0	38,0	21,0	1,07	20,0
4,60	7,0	15,0	7,0	0,53	13,0	9,60	22,0	38,0	22,0	1,07	21,0
4,80	9,0	17,0	9,0	0,53	17,0	9,80	23,0	39,0	23,0	1,20	19,0
5,00	9,0	17,0	9,0	0,53	17,0	10,00	23,0	41,0	23,0	----	----

- PENETROMETRO STATICO tipo PAGANI da 10/20t
 - COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s
 - punta meccanica tipo Begemann $\varnothing = 35.7$ mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
 - manicotto laterale (superficie 150 cm²)

PROVA PENETROMETRICA STATICA

LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 4

2.01PG05-077

- committente : PUBLIACQUA spa
 - lavoro :
 - località : loc. Scarperia
 - note :

- data : 11/04/2007
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs
	punta	laterale	kg/cm ²				punta	laterale	kg/cm ²		
0,20	---	---	--	1,13	---	5,20	23,0	36,0	23,0	0,93	25,0
0,40	21,0	38,0	21,0	0,33	63,0	5,40	24,0	38,0	24,0	1,07	22,0
0,60	26,0	31,0	26,0	1,33	19,0	5,60	26,0	42,0	26,0	1,60	16,0
0,80	8,0	28,0	8,0	1,07	7,0	5,80	28,0	52,0	28,0	1,27	22,0
1,00	12,0	28,0	12,0	0,93	13,0	6,00	31,0	50,0	31,0	1,33	23,0
1,20	15,0	29,0	15,0	1,00	15,0	6,20	23,0	43,0	23,0	1,67	14,0
1,40	16,0	31,0	16,0	1,27	13,0	6,40	39,0	64,0	39,0	1,07	37,0
1,60	18,0	37,0	18,0	1,27	14,0	6,60	26,0	42,0	26,0	1,13	23,0
1,80	19,0	38,0	19,0	1,07	18,0	6,80	28,0	45,0	28,0	1,33	21,0
2,00	17,0	33,0	17,0	0,80	21,0	7,00	28,0	48,0	28,0	1,27	22,0
2,20	17,0	29,0	17,0	0,80	21,0	7,20	32,0	51,0	32,0	1,60	20,0
2,40	15,0	27,0	15,0	0,73	20,0	7,40	33,0	57,0	33,0	1,73	19,0
2,60	15,0	26,0	15,0	0,73	20,0	7,60	36,0	62,0	36,0	1,80	20,0
2,80	15,0	26,0	15,0	0,73	20,0	7,80	36,0	63,0	36,0	1,73	21,0
3,00	15,0	26,0	15,0	0,80	19,0	8,00	36,0	62,0	36,0	1,67	22,0
3,20	17,0	29,0	17,0	0,73	23,0	8,20	35,0	60,0	35,0	1,73	20,0
3,40	17,0	28,0	17,0	0,87	20,0	8,40	34,0	60,0	34,0	1,73	20,0
3,60	17,0	30,0	17,0	0,73	23,0	8,60	36,0	62,0	36,0	1,80	20,0
3,80	18,0	29,0	18,0	0,80	22,0	8,80	37,0	64,0	37,0	1,80	21,0
4,00	18,0	30,0	18,0	0,80	22,0	9,00	38,0	65,0	38,0	1,80	21,0
4,20	18,0	30,0	18,0	0,80	22,0	9,20	37,0	64,0	37,0	1,80	21,0
4,40	19,0	31,0	19,0	0,80	24,0	9,40	37,0	64,0	37,0	1,73	21,0
4,60	19,0	31,0	19,0	0,87	22,0	9,60	38,0	64,0	38,0	1,87	20,0
4,80	18,0	31,0	18,0	0,93	19,0	9,80	39,0	67,0	39,0	1,87	21,0
5,00	21,0	35,0	21,0	0,87	24,0	10,00	38,0	66,0	38,0	----	----

- PENETROMETRO STATICO tipo PAGANI da 10/20t
 - COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s
 - punta meccanica tipo Begemann $\varnothing = 35.7$ mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
 - manicotto laterale (superficie 150 cm²)

PROVA PENETROMETRICA STATICA

LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 5

2.01PG05-077

- committente : PUBLIACQUA spa
 - lavoro :
 - località : loc. Scarperia
 - note : installato piezometro (9 m)

- data : 11/04/2007
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs
	punta	laterale	kg/cm ²				punta	laterale	kg/cm ²		
0,20	---	---	--	0,27	---	5,20	29,0	49,0	29,0	2,00	14,0
0,40	19,0	23,0	19,0	1,47	13,0	5,40	15,0	45,0	15,0	0,53	28,0
0,60	26,0	48,0	26,0	1,33	19,0	5,60	14,0	22,0	14,0	0,80	17,0
0,80	16,0	36,0	16,0	1,07	15,0	5,80	12,0	24,0	12,0	0,73	16,0
1,00	19,0	35,0	19,0	1,20	16,0	6,00	13,0	24,0	13,0	0,67	19,0
1,20	19,0	37,0	19,0	2,20	9,0	6,20	14,0	24,0	14,0	0,60	23,0
1,40	36,0	69,0	36,0	2,27	16,0	6,40	15,0	24,0	15,0	0,87	17,0
1,60	64,0	98,0	64,0	3,33	19,0	6,60	14,0	27,0	14,0	0,73	19,0
1,80	73,0	123,0	73,0	1,53	48,0	6,80	17,0	28,0	17,0	0,80	21,0
2,00	80,0	103,0	80,0	1,07	75,0	7,00	21,0	33,0	21,0	1,20	17,0
2,20	86,0	102,0	86,0	4,93	17,0	7,20	17,0	35,0	17,0	0,80	21,0
2,40	63,0	137,0	63,0	1,33	47,0	7,40	22,0	34,0	22,0	0,80	27,0
2,60	98,0	118,0	98,0	3,87	25,0	7,60	17,0	29,0	17,0	0,87	20,0
2,80	27,0	85,0	27,0	2,07	13,0	7,80	31,0	44,0	31,0	1,33	23,0
3,00	37,0	68,0	37,0	3,27	11,0	8,00	29,0	49,0	29,0	1,00	29,0
3,20	73,0	122,0	73,0	3,80	19,0	8,20	33,0	48,0	33,0	1,53	22,0
3,40	51,0	108,0	51,0	7,33	7,0	8,40	30,0	53,0	30,0	1,47	20,0
3,60	72,0	182,0	72,0	2,13	34,0	8,60	30,0	52,0	30,0	1,73	17,0
3,80	40,0	72,0	40,0	2,47	16,0	8,80	30,0	56,0	30,0	1,47	20,0
4,00	18,0	55,0	18,0	1,20	15,0	9,00	22,0	44,0	22,0	1,60	14,0
4,20	18,0	36,0	18,0	1,33	13,0	9,20	25,0	49,0	25,0	1,27	20,0
4,40	17,0	37,0	17,0	2,27	8,0	9,40	27,0	46,0	27,0	1,27	21,0
4,60	39,0	73,0	39,0	1,53	25,0	9,60	24,0	43,0	24,0	1,40	17,0
4,80	60,0	83,0	60,0	3,40	18,0	9,80	22,0	43,0	22,0	1,13	19,0
5,00	54,0	105,0	54,0	1,33	40,0	10,00	20,0	37,0	20,0	----	----

- PENETROMETRO STATICO tipo PAGANI da 10/20t
 - COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s
 - punta meccanica tipo Begemann $\varnothing = 35.7$ mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
 - manicotto laterale (superficie 150 cm²)

PROVA PENETROMETRICA STATICA

LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 6

2.01PG05-077

- committente : PUBLIACQUA spa
 - lavoro :
 - località : loc. Scarperia
 - note :

- data : 11/04/2007
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs
	punta	laterale	kg/cm ²				punta	laterale	kg/cm ²		
0,20	---	---	--	0,20	---	5,20	20,0	33,0	20,0	0,80	25,0
0,40	6,0	9,0	6,0	0,20	30,0	5,40	20,0	32,0	20,0	0,93	21,0
0,60	9,0	12,0	9,0	0,67	13,0	5,60	23,0	37,0	23,0	1,00	23,0
0,80	9,0	19,0	9,0	0,87	10,0	5,80	23,0	38,0	23,0	1,13	20,0
1,00	8,0	21,0	8,0	0,80	10,0	6,00	26,0	43,0	26,0	1,20	22,0
1,20	7,0	19,0	7,0	0,93	7,0	6,20	28,0	46,0	28,0	1,47	19,0
1,40	8,0	22,0	8,0	1,60	5,0	6,40	18,0	40,0	18,0	0,87	21,0
1,60	11,0	35,0	11,0	0,87	13,0	6,60	16,0	29,0	16,0	0,73	22,0
1,80	19,0	32,0	19,0	1,47	13,0	6,80	18,0	29,0	18,0	0,87	21,0
2,00	13,0	35,0	13,0	0,87	15,0	7,00	17,0	30,0	17,0	1,00	17,0
2,20	30,0	43,0	30,0	3,93	8,0	7,20	20,0	35,0	20,0	1,13	18,0
2,40	24,0	83,0	24,0	1,87	13,0	7,40	30,0	47,0	30,0	1,40	21,0
2,60	21,0	49,0	21,0	1,40	15,0	7,60	22,0	43,0	22,0	0,93	24,0
2,80	24,0	45,0	24,0	1,40	17,0	7,80	22,0	36,0	22,0	0,73	30,0
3,00	26,0	47,0	26,0	1,00	26,0	8,00	20,0	31,0	20,0	0,80	25,0
3,20	15,0	30,0	15,0	1,40	11,0	8,20	22,0	34,0	22,0	0,73	30,0
3,40	11,0	32,0	11,0	0,87	13,0	8,40	21,0	32,0	21,0	0,67	31,0
3,60	13,0	26,0	13,0	0,73	18,0	8,60	22,0	32,0	22,0	0,60	37,0
3,80	18,0	29,0	18,0	1,07	17,0	8,80	20,0	29,0	20,0	0,60	33,0
4,00	15,0	31,0	15,0	0,80	19,0	9,00	20,0	29,0	20,0	0,67	30,0
4,20	13,0	25,0	13,0	0,87	15,0	9,20	22,0	32,0	22,0	0,53	41,0
4,40	14,0	27,0	14,0	0,80	17,0	9,40	22,0	30,0	22,0	0,47	47,0
4,60	11,0	23,0	11,0	0,87	13,0	9,60	25,0	32,0	25,0	0,93	27,0
4,80	13,0	26,0	13,0	0,60	22,0	9,80	19,0	33,0	19,0	1,00	19,0
5,00	16,0	25,0	16,0	0,87	18,0	10,00	20,0	35,0	20,0	----	----

- PENETROMETRO STATICO tipo PAGANI da 10/20t
 - COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s
 - punta meccanica tipo Begemann $\varnothing = 35.7$ mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
 - manicotto laterale (superficie 150 cm²)

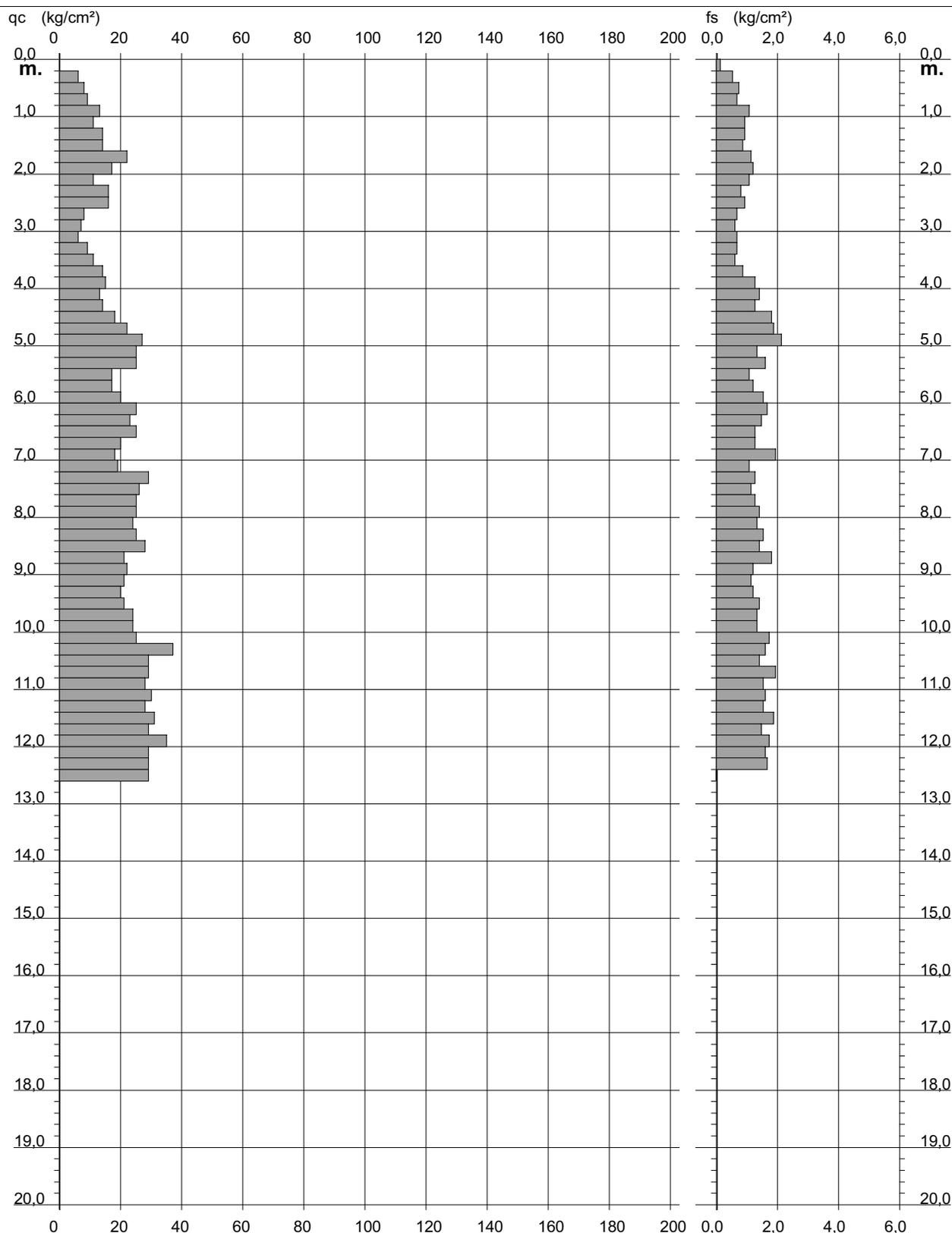
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 1

2.01PG05-077

- committente : PUBLIACQUA spa
 - lavoro :
 - località : loc. Scarperia
 - note : installato tubo piezometrico (12.0 m)

- data : 11/04/2007
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - scala vert.: 1 : 100



PROVA PENETROMETRICA STATICA

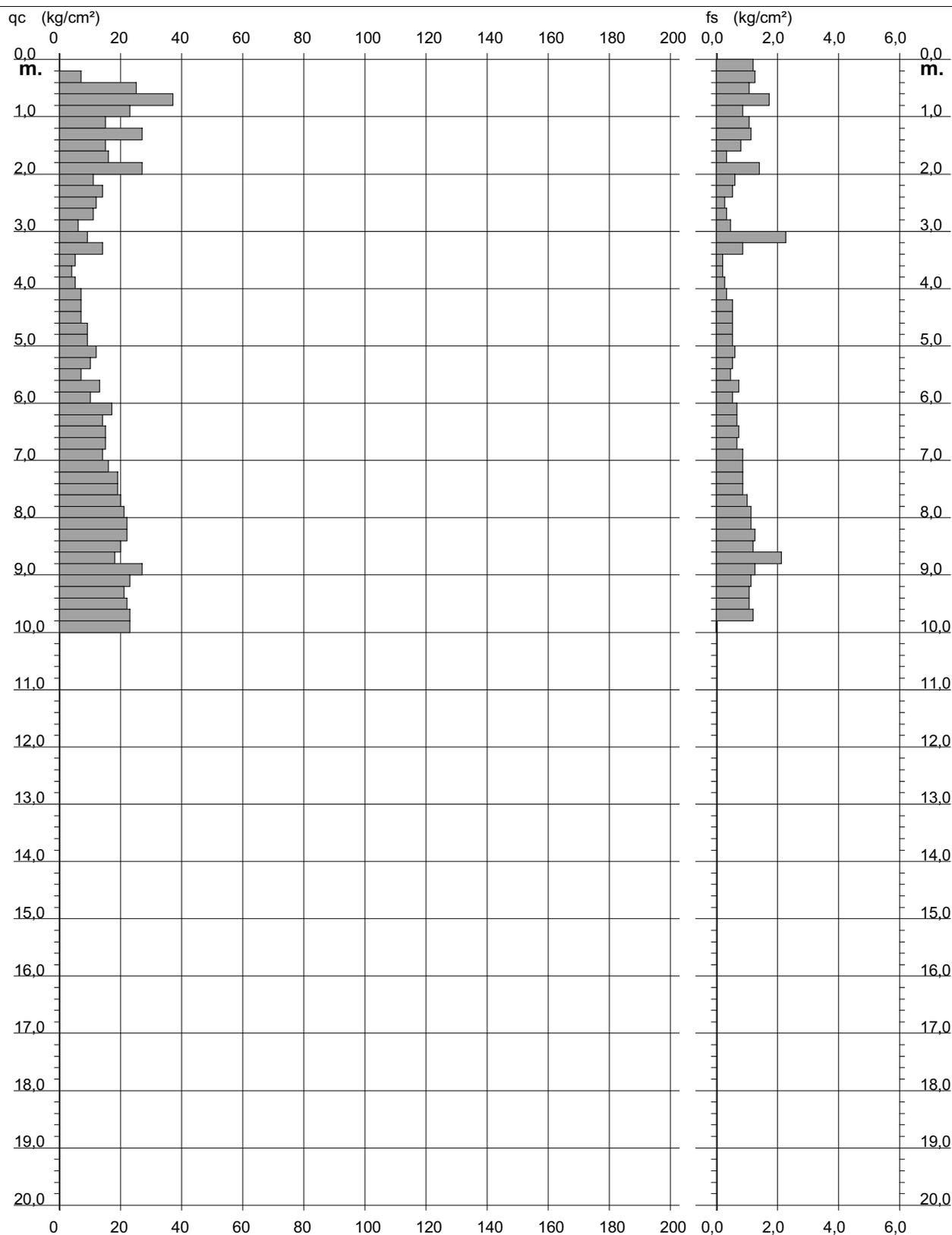
DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 3

2.01PG05-077

- committente : PUBLIACQUA spa
 - lavoro :
 - località : loc. Scarperia

- data : 11/04/2007
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - scala vert.: 1 : 100



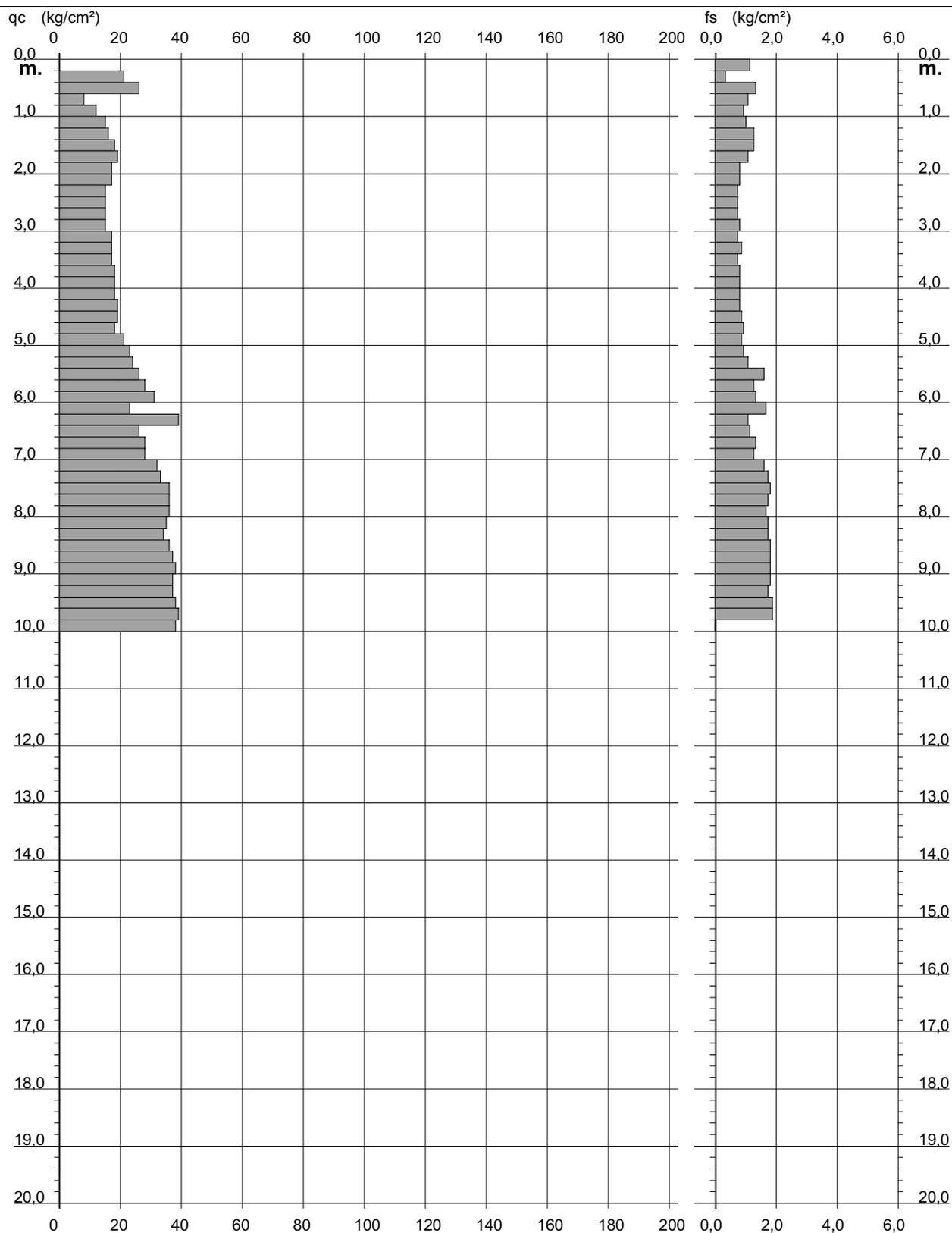
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 4

2.01PG05-077

- committente : PUBLIACQUA spa
- lavoro :
- località : loc. Scarperia

- data : 11/04/2007
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- scala vert.: 1 : 100



PROVA PENETROMETRICA STATICA

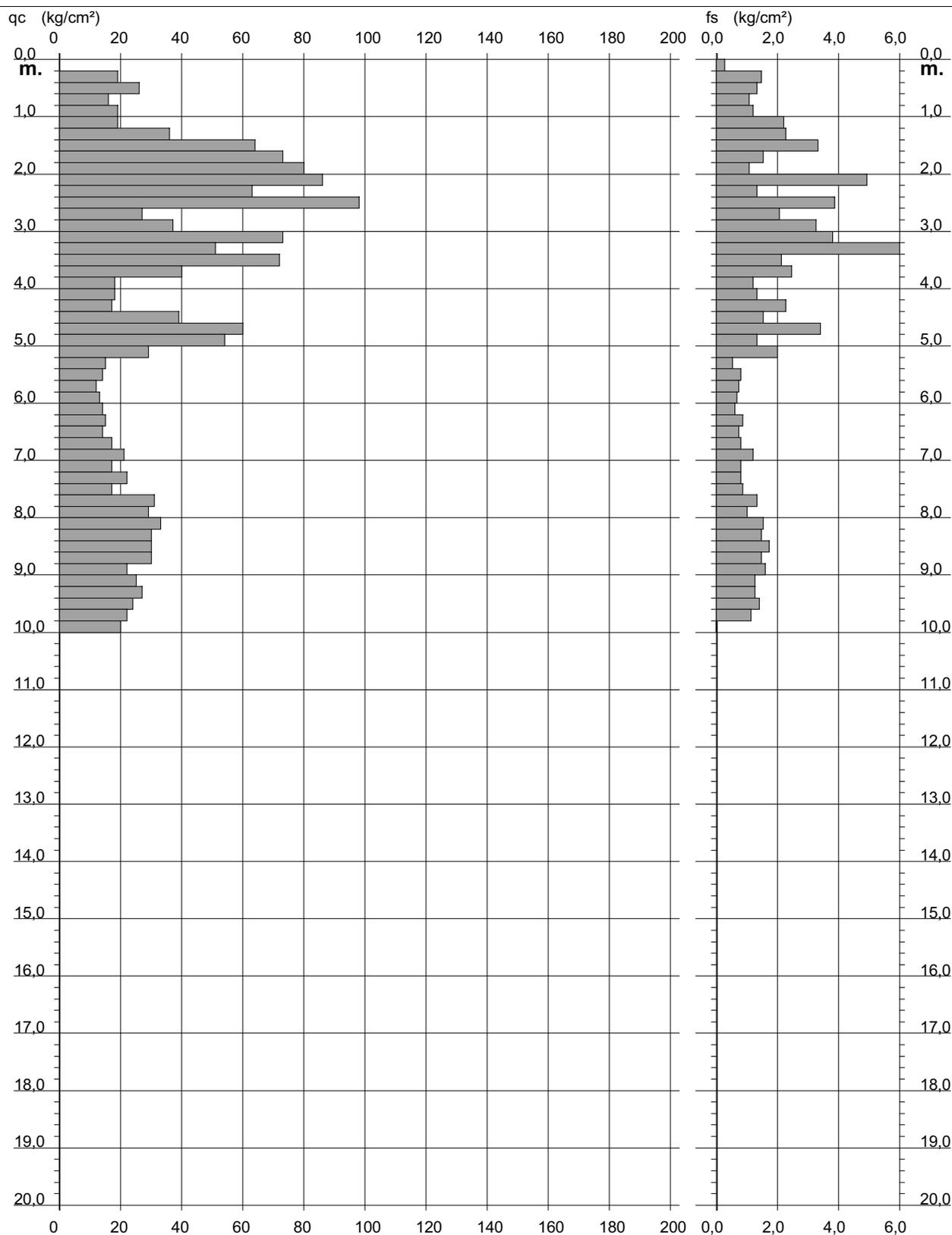
DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 5

2.01PG05-077

- committente : PUBLIACQUA spa
 - lavoro :
 - località : loc. Scarperia
 - note : installato piezometro (9 m)

- data : 11/04/2007
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - scala vert.: 1 : 100



PROVA PENETROMETRICA STATICA

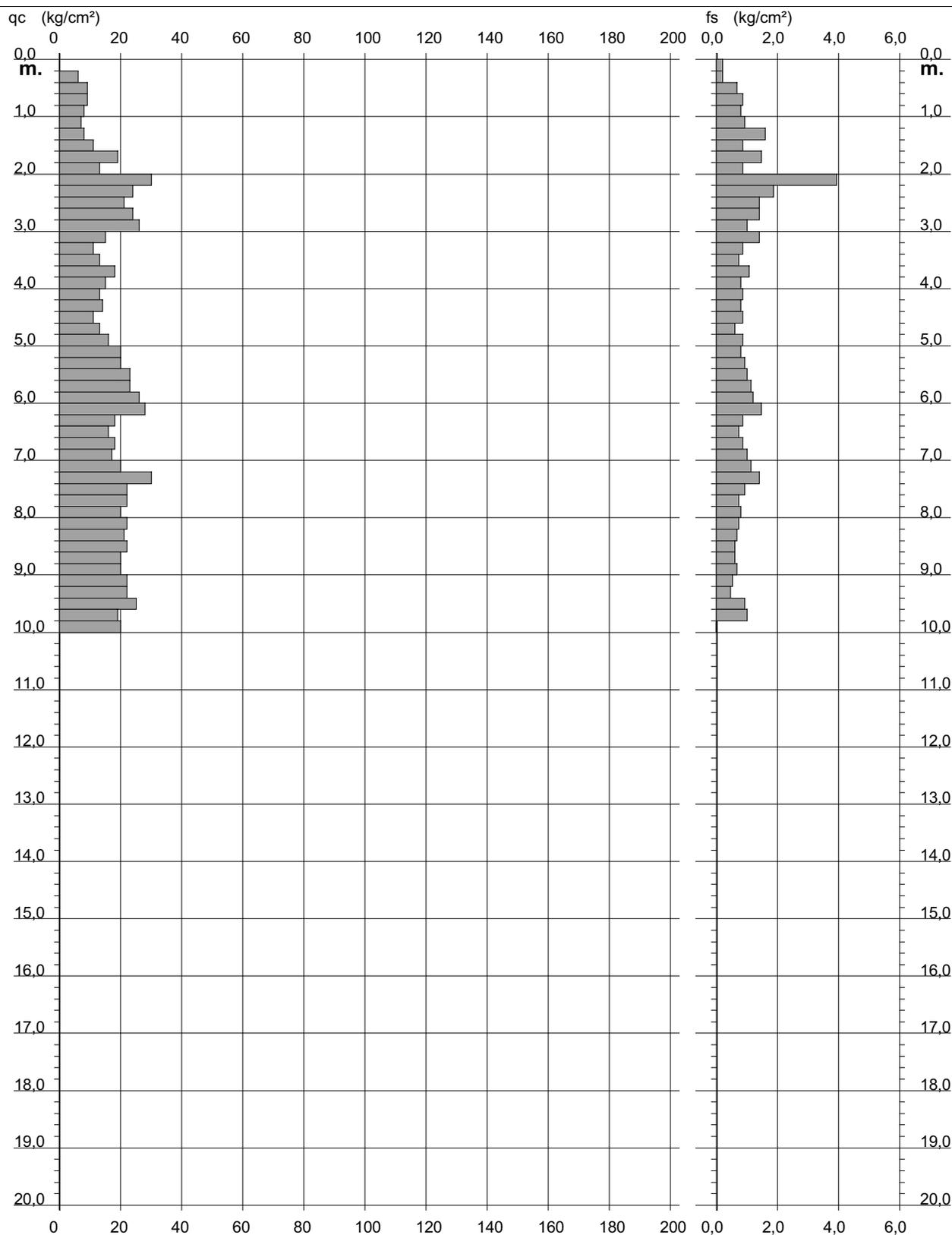
DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 6

2.01PG05-077

- committente : PUBLIACQUA spa
 - lavoro :
 - località : loc. Scarperia

- data : 11/04/2007
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - scala vert.: 1 : 100



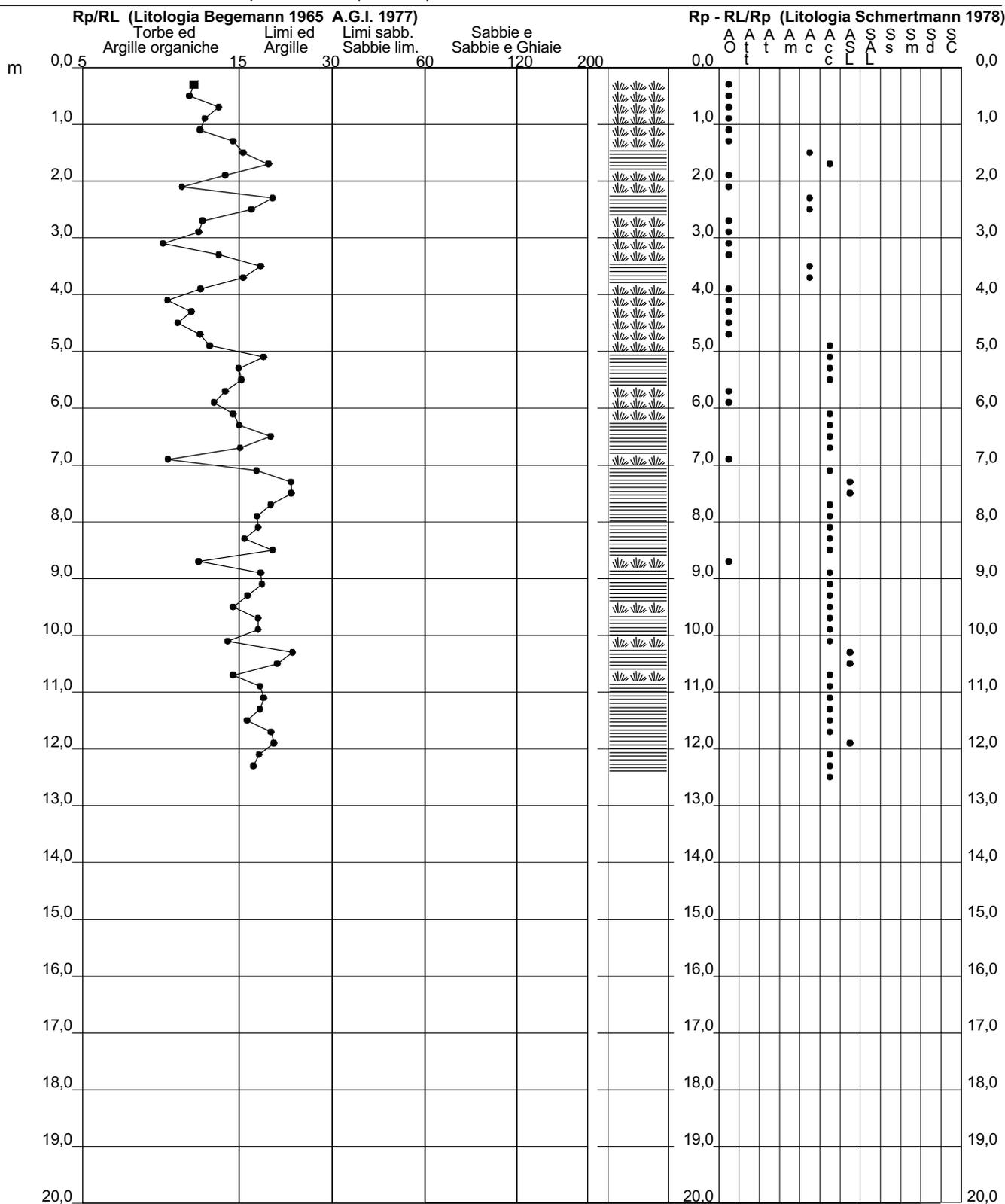
PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 1

2.01PG05-077

- committente : PUBLIACQUA spa
 - lavoro :
 - località : loc. Scarperia
 - note : installato tubo piezometrico (12.0 m)

- data : 11/04/2007
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - scala vert.: 1 : 100



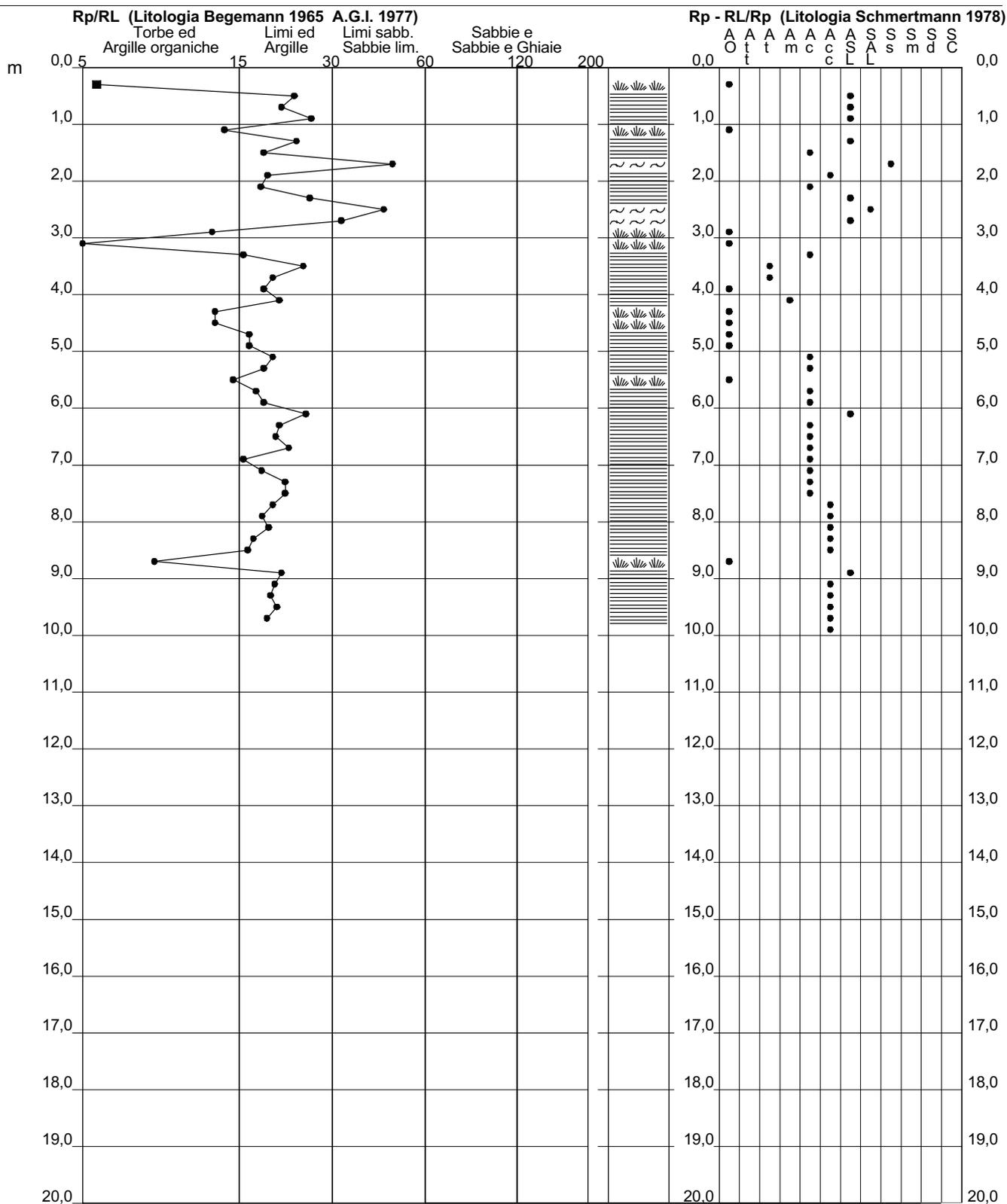
PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 3

2.01PG05-077

- committente : PUBLIACQUA spa
 - lavoro :
 - località : loc. Scarperia
 - note :

- data : 11/04/2007
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - scala vert.: 1 : 100



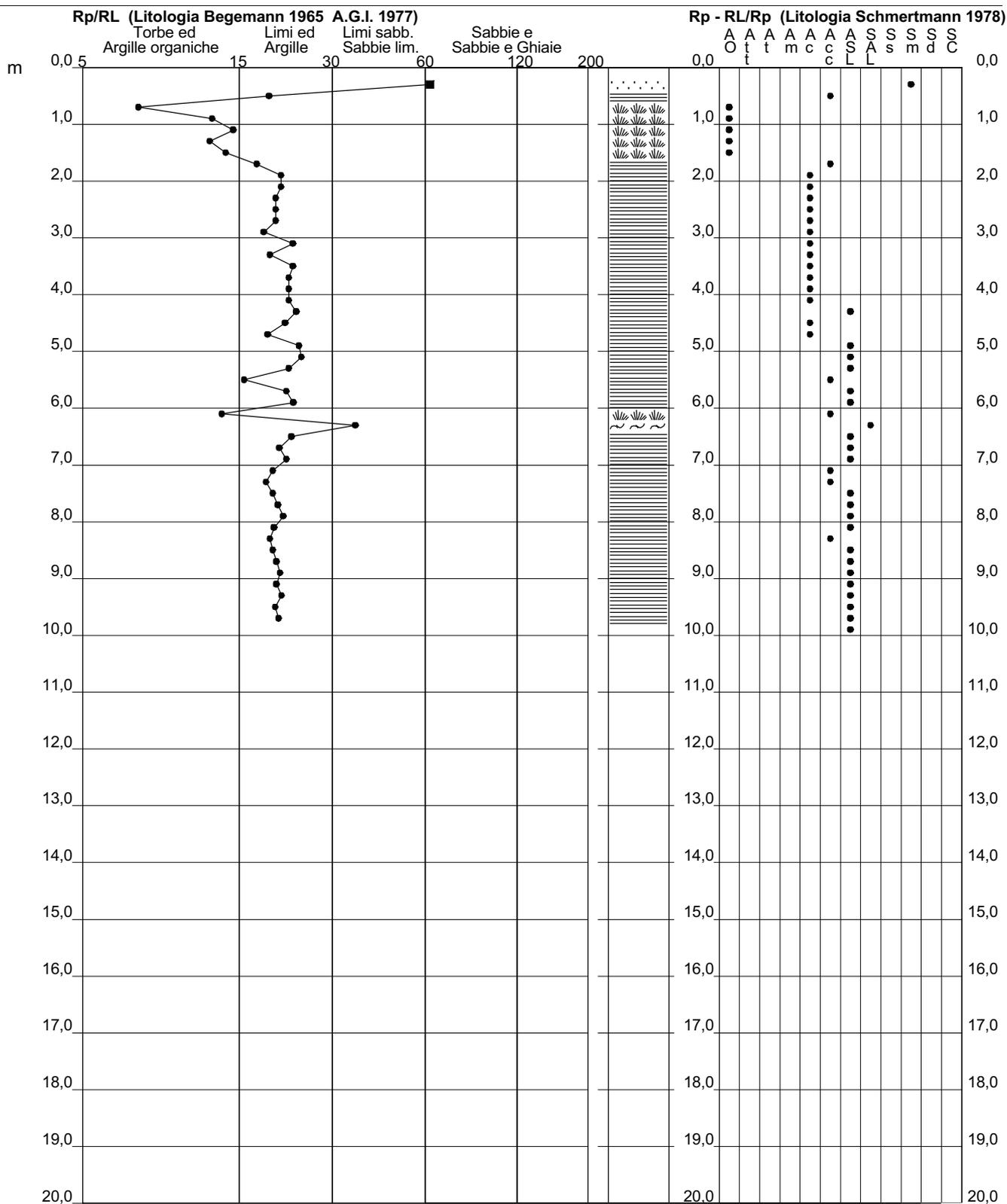
PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 4

2.01PG05-077

- committente : PUBLIACQUA spa
 - lavoro :
 - località : loc. Scarperia
 - note :

- data : 11/04/2007
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - scala vert.: 1 : 100



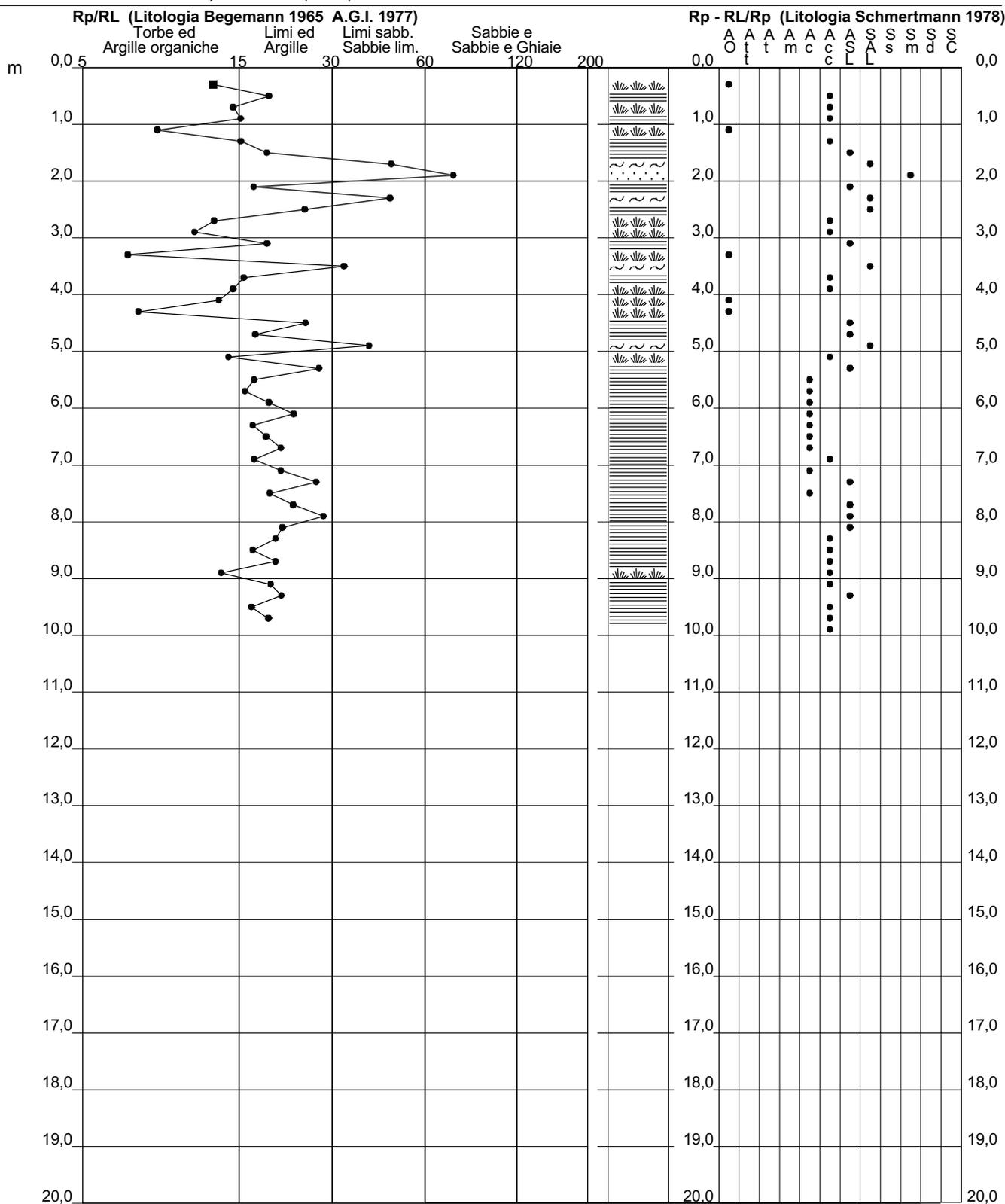
PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 5

2.01PG05-077

- committente : PUBLIACQUA spa
 - lavoro :
 - località : loc. Scarperia
 - note : installato piezometro (9 m)

- data : 11/04/2007
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - scala vert.: 1 : 100



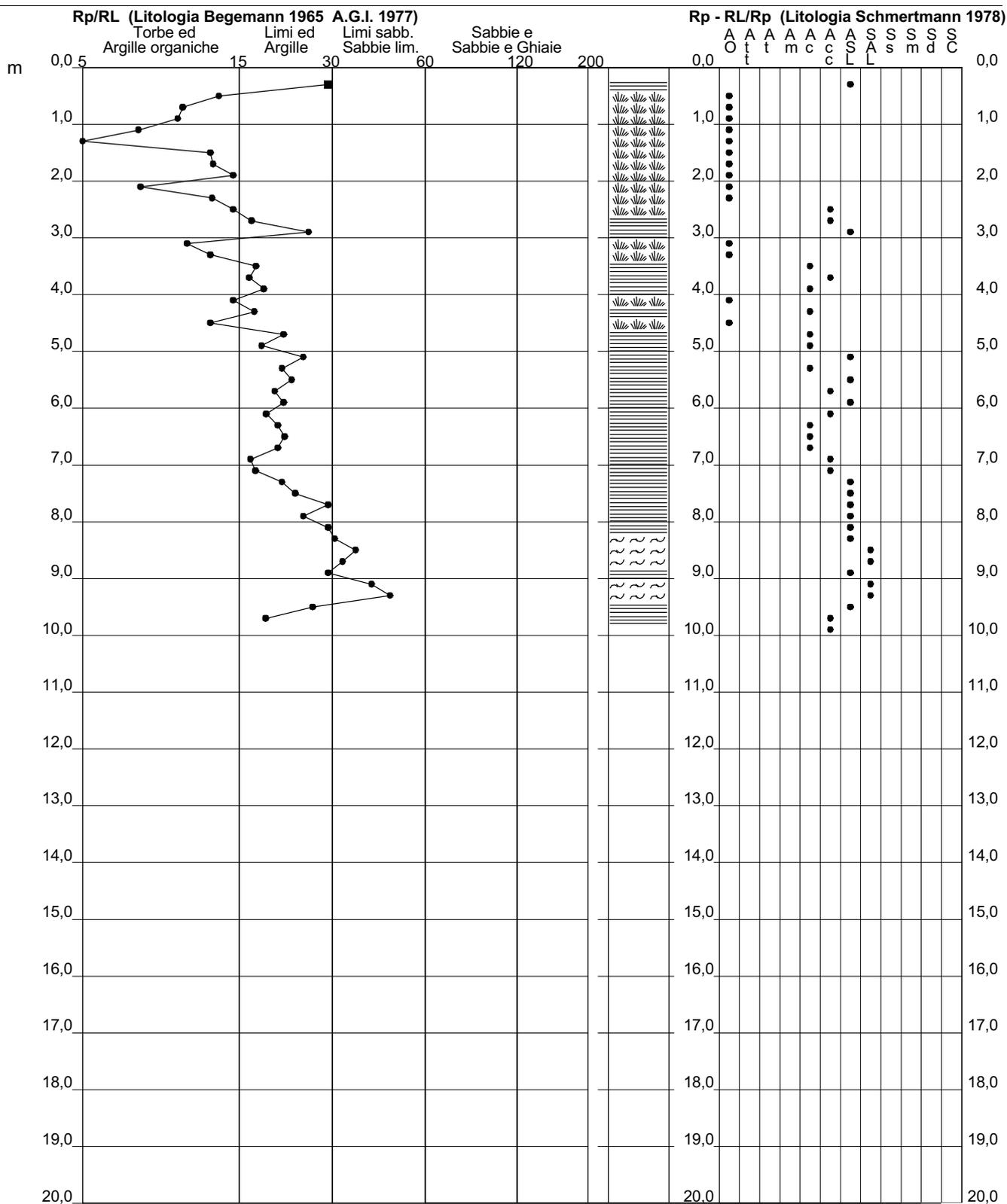
PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 6

2.01PG05-077

- committente : PUBLIACQUA spa
 - lavoro :
 - località : loc. Scarperia
 - note :

- data : 11/04/2007
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - scala vert.: 1 : 100



PROVA PENETROMETRICA STATICA TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

CPT 3

2.01PG05-077

- committente : PUBLIACQUA spa
- lavoro :
- località : loc. Scarperia
- note :

- data : 11/04/2007
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

NATURA COESIVA										NATURA GRANULARE												
Prof. m	qc kg/cm ²	qc/fs (-)	Natura Litol.	Y' t/m ³	d'vo kg/cm ²	Cu kg/cm ²	OCR (-)	Eu50 kg/cm ²	Eu25 kg/cm ²	Mo kg/cm ²	Dr %	ø1s (°)	ø2s (°)	ø3s (°)	ø4s (°)	ødm (°)	ømy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm ²	E'25 kg/cm ²	Mo kg/cm ²	
0,20	--	--	???	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,40	7	6	1***	1,85	0,07	0,35	43,8	14	21	11	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,60	25	23	4/./	1,85	0,11	0,91	87,0	155	232	75	78	39	41	42	44	41	28	0,184	42	63	75	
0,80	37	21	4/./	1,85	0,15	1,23	88,9	210	315	111	84	40	41	43	45	41	30	0,204	62	93	111	
1,00	23	27	4/./	1,85	0,19	0,87	43,3	148	221	69	63	37	39	41	43	38	28	0,138	38	58	69	
1,20	15	14	2////	1,85	0,22	0,67	24,8	113	170	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
1,40	27	24	4/./	1,85	0,26	0,95	31,8	161	242	81	60	36	38	41	43	37	28	0,130	45	68	81	
1,60	15	19	2////	1,85	0,30	0,87	17,3	113	170	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
1,80	16	48	4/./	1,85	0,33	0,70	15,8	118	177	52	36	33	36	38	41	33	27	0,070	27	40	48	
2,00	27	19	4/./	1,85	0,37	0,95	20,3	161	242	81	51	35	37	40	42	35	28	0,107	45	68	81	
2,20	11	18	2////	1,85	0,41	0,54	8,9	96	145	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2,40	14	26	2////	1,85	0,44	0,64	9,8	108	163	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2,60	12	45	4/./	1,85	0,48	0,57	7,8	116	175	45	17	30	33	36	39	29	26	0,032	20	30	36	
2,80	11	33	4/./	1,85	0,52	0,54	6,6	133	200	42	12	30	33	36	39	28	26	0,024	18	28	33	
3,00	6	13	1***	1,85	0,55	0,30	2,9	31	46	9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3,20	9	4	2////	1,85	0,59	0,45	4,5	165	248	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3,40	14	16	2////	1,85	0,63	0,64	6,4	163	245	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3,60	5	25	2////	1,85	0,67	0,25	1,8	142	213	25	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3,80	4	20	2////	1,85	0,70	0,20	1,3	118	177	20	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4,00	5	19	2////	1,85	0,74	0,25	1,6	145	217	25	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4,20	7	21	2////	1,85	0,78	0,35	2,3	190	284	32	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4,40	7	13	1***	1,85	0,81	0,35	2,2	41	61	11	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4,60	7	13	1***	1,85	0,85	0,35	2,1	42	62	11	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4,80	9	17	2////	1,85	0,89	0,45	2,7	233	349	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5,00	9	17	2////	1,85	0,93	0,45	2,6	237	355	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5,20	12	20	2////	1,85	0,96	0,57	3,3	269	403	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5,40	10	19	2////	1,85	1,00	0,50	2,6	260	390	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5,60	7	15	1***	1,85	1,04	0,35	1,6	44	66	11	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5,80	13	18	2////	1,85	1,07	0,60	3,1	295	443	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6,00	10	19	2////	1,85	1,11	0,50	2,3	271	406	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6,20	17	25	2////	1,85	1,15	0,72	3,5	324	485	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6,40	14	21	2////	1,85	1,18	0,64	2,9	319	479	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6,60	15	20	2////	1,85	1,22	0,67	2,9	332	498	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6,80	15	22	2////	1,85	1,26	0,67	2,8	337	506	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7,00	14	16	2////	1,85	1,30	0,64	2,6	334	501	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7,20	16	18	2////	1,85	1,33	0,70	2,8	355	532	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7,40	19	22	2////	1,85	1,37	0,78	3,1	377	566	58	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7,60	19	22	2////	1,85	1,41	0,78	3,0	384	575	58	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7,80	20	20	4/./	1,85	1,44	0,80	3,0	394	592	60	8	29	32	35	39	26	27	0,017	33	50	60	
8,00	21	19	4/./	1,85	1,48	0,82	3,0	405	608	63	9	29	32	35	39	26	27	0,018	35	53	63	
8,20	22	19	4/./	1,85	1,52	0,85	3,0	416	623	66	10	29	32	35	39	26	28	0,020	37	55	66	
8,40	22	17	4/./	1,85	1,55	0,85	2,9	422	633	66	9	29	32	35	39	26	28	0,019	37	55	66	
8,60	20	17	4/./	1,85	1,59	0,80	2,7	415	623	60	5	29	32	35	38	25	27	0,013	33	50	60	
8,80	18	8	2////	1,85	1,63	0,75	2,4	403	605	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
9,00	27	21	4/./	1,85	1,66	0,95	3,1	459	689	81	15	30	33	36	39	27	28	0,028	45	68	81	
9,20	23	20	4/./	1,85	1,70	0,87	2,7	448	671	69	9	29	32	35	39	26	28	0,018	38	58	69	
9,40	21	20	4/./	1,85	1,74	0,82	2,5	438	657	63	5	29	32	35	38	25	27	0,012	35	53	63	
9,60	22	21	4/./	1,85	1,78	0,85	2,5	449	674	66	6	29	32	35	38	25	28	0,014	37	55	66	
9,80	23	19	4/./	1,85	1,81	0,87	2,5	460	690	69	7	29	32	35	39	25	28	0,016	38	58	69	
10,00	23	--	4/./	1,85	1,85	0,87	2,4	464	695	69	6	29	32	35	39	25	28	0,015	38	58	69	

PROVA PENETROMETRICA STATICA TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

CPT 4

2.01PG05-077

- committente : PUBLIACQUA spa
- lavoro :
- località : loc. Scarperia
- note :

- data : 11/04/2007
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

NATURA COESIVA											NATURA GRANULARE											
Prof. m	qc kg/cm ²	qc/fs (-)	Natura Litol.	Y' t/m ³	d'vo kg/cm ²	Cu kg/cm ²	OCR (-)	Eu50 kg/cm ²	Eu25 kg/cm ²	Mo kg/cm ²	Dr %	ø1s (°)	ø2s (°)	ø3s (°)	ø4s (°)	ødm (°)	ømy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm ²	E'25 kg/cm ²	Mo kg/cm ²	
0,20	--	--	???	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,40	21	63	3:::	1,85	0,07	--	--	--	--	--	82	39	41	43	45	42	27	0,196	35	53	63	
0,60	26	19	4:::	1,85	0,11	0,93	89,3	158	237	78	79	39	41	43	44	41	28	0,188	43	65	78	
0,80	8	7	2:::	1,85	0,15	0,40	21,8	68	102	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
1,00	12	13	2:::	1,85	0,19	0,57	25,7	97	146	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
1,20	15	15	2:::	1,85	0,22	0,67	24,8	113	170	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
1,40	16	13	2:::	1,85	0,26	0,70	21,6	118	177	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
1,60	18	14	2:::	1,85	0,30	0,75	20,1	128	191	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
1,80	19	18	2:::	1,85	0,33	0,78	18,1	132	198	58	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2,00	17	21	2:::	1,85	0,37	0,72	14,5	123	184	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2,20	17	21	2:::	1,85	0,41	0,72	12,9	123	184	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2,40	15	20	2:::	1,85	0,44	0,67	10,4	113	170	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2,60	15	20	2:::	1,85	0,48	0,67	9,4	115	173	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2,80	15	20	2:::	1,85	0,52	0,67	8,6	123	184	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3,00	15	19	2:::	1,85	0,55	0,67	7,9	134	201	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3,20	17	23	2:::	1,85	0,59	0,72	8,1	142	213	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3,40	17	20	2:::	1,85	0,63	0,72	7,5	154	231	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3,60	17	23	2:::	1,85	0,67	0,72	7,0	167	251	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3,80	18	22	2:::	1,85	0,70	0,75	6,8	178	267	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4,00	18	22	2:::	1,85	0,74	0,75	6,4	192	288	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4,20	18	22	2:::	1,85	0,78	0,75	6,0	206	308	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4,40	19	24	2:::	1,85	0,81	0,78	5,9	216	325	58	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4,60	19	22	2:::	1,85	0,85	0,78	5,6	230	345	58	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4,80	18	19	2:::	1,85	0,89	0,75	5,1	244	367	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5,00	21	24	4:::	1,85	0,93	0,82	5,4	251	377	63	20	31	34	37	40	29	27	0,038	35	53	63	
5,20	23	25	4:::	1,85	0,96	0,87	5,5	260	391	69	22	31	34	37	40	29	28	0,043	38	58	69	
5,40	24	22	4:::	1,85	1,00	0,89	5,4	272	407	72	23	31	34	37	40	29	28	0,044	40	60	72	
5,60	26	16	4:::	1,85	1,04	0,93	5,5	281	422	78	25	31	34	37	40	29	28	0,047	43	65	78	
5,80	28	22	4:::	1,85	1,07	0,97	5,5	291	436	84	27	32	34	37	40	29	28	0,051	47	70	84	
6,00	31	23	4:::	1,85	1,11	1,03	5,7	298	446	93	29	32	35	37	40	30	29	0,056	52	78	93	
6,20	23	14	4:::	1,85	1,15	0,87	4,4	320	480	69	18	31	33	36	39	28	28	0,035	38	58	69	
6,40	39	37	3:::	1,85	1,18	--	--	--	--	--	36	33	36	38	41	31	30	0,070	65	98	117	
6,60	26	23	4:::	1,85	1,22	0,93	4,5	341	511	78	21	31	34	37	40	28	28	0,040	43	65	78	
6,80	28	21	4:::	1,85	1,26	0,97	4,5	351	526	84	23	31	34	37	40	29	28	0,043	47	70	84	
7,00	28	22	4:::	1,85	1,30	0,97	4,3	362	542	84	22	31	34	37	40	28	28	0,042	47	70	84	
7,20	32	20	4:::	1,85	1,33	1,07	4,8	370	555	96	26	32	34	37	40	29	29	0,049	53	80	96	
7,40	33	19	4:::	1,85	1,37	1,10	4,8	380	570	99	26	32	34	37	40	29	29	0,050	55	83	99	
7,60	36	20	4:::	1,85	1,41	1,20	5,2	386	579	108	29	32	35	37	40	29	30	0,055	60	90	108	
7,80	36	21	4:::	1,85	1,44	1,20	5,0	398	598	108	28	32	35	37	40	29	30	0,053	60	90	108	
8,00	36	22	4:::	1,85	1,48	1,20	4,8	410	615	108	27	32	35	37	40	29	30	0,052	60	90	108	
8,20	35	20	4:::	1,85	1,52	1,17	4,5	423	634	105	26	32	34	37	40	29	29	0,049	58	88	105	
8,40	34	20	4:::	1,85	1,55	1,13	4,2	434	651	102	24	31	34	37	40	28	29	0,046	57	85	102	
8,60	36	20	4:::	1,85	1,59	1,20	4,4	444	666	108	26	32	34	37	40	29	30	0,049	60	90	108	
8,80	37	21	4:::	1,85	1,63	1,23	4,4	454	681	111	26	32	34	37	40	29	30	0,049	62	93	111	
9,00	38	21	4:::	1,85	1,66	1,27	4,5	465	697	114	26	32	34	37	40	29	30	0,050	63	95	114	
9,20	37	21	4:::	1,85	1,70	1,23	4,2	475	713	111	25	31	34	37	40	28	30	0,047	62	93	111	
9,40	37	21	4:::	1,85	1,74	1,23	4,1	485	728	111	24	31	34	37	40	28	30	0,046	62	93	111	
9,60	38	20	4:::	1,85	1,78	1,27	4,1	496	744	114	25	31	34	37	40	28	30	0,047	63	95	114	
9,80	39	21	4:::	1,85	1,81	1,30	4,1	506	759	117	25	32	34	37	40	28	30	0,048	65	98	117	
10,00	38	--	3:::	1,85	1,85	--	--	--	--	--	24	31	34	37	40	28	30	0,045	63	95	114	

PROVA PENETROMETRICA STATICA

TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

CPT 5

2.01PG05-077

- committente : PUBLIACQUA spa
 - lavoro :
 - località : loc. Scarperia
 - note : installato piezometro (9 m)

- data : 11/04/2007
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - pagina : 1

NATURA COESIVA										NATURA GRANULARE												
Prof. m	qc kg/cm²	qc/fs (-)	Natura Litol.	Y' t/m³	d'vo kg/cm²	Cu kg/cm²	OCR (-)	Eu50 kg/cm²	Eu25 kg/cm²	Mo kg/cm²	Dr %	ø1s (°)	ø2s (°)	ø3s (°)	ø4s (°)	ødm (°)	ømy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm²	E'25 kg/cm²	Mo kg/cm²	
0,20	--	--	???	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,40	19	13	2:III	1,85	0,07	0,78	99,9	132	198	58	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,60	26	19	4:I	1,85	0,11	0,93	89,3	158	237	78	79	39	41	43	44	41	28	0,188	43	65	78	
0,80	16	15	2:III	1,85	0,15	0,70	43,5	118	177	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,00	19	16	2:III	1,85	0,19	0,78	37,7	132	198	58	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,20	19	9	2:III	1,85	0,22	0,78	30,0	132	198	58	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,40	36	16	4:I	1,85	0,26	1,20	42,7	204	306	108	70	38	40	42	44	39	30	0,159	60	90	108	
1,60	64	19	4:I	1,85	0,30	2,13	74,1	363	544	192	86	40	42	43	45	40	32	0,211	107	160	192	
1,80	73	48	3:III	1,85	0,33	--	--	--	--	--	88	40	42	43	45	40	32	0,216	122	183	219	
2,00	80	75	3:III	1,85	0,37	--	--	--	--	--	89	40	42	43	45	40	33	0,218	133	200	240	
2,20	86	17	4:I	1,85	0,41	2,87	72,0	487	731	258	89	40	42	43	45	40	33	0,219	143	215	258	
2,40	63	47	3:III	1,85	0,44	--	--	--	--	--	76	39	40	42	44	39	32	0,177	105	158	189	
2,60	98	25	4:I	1,85	0,48	3,27	68,8	555	833	294	89	40	42	44	45	40	34	0,220	163	245	294	
2,80	27	13	4:I	1,85	0,52	0,95	13,4	161	242	81	43	34	36	39	41	33	28	0,087	45	68	81	
3,00	37	11	4:I	1,85	0,55	1,23	17,0	210	315	111	52	35	38	40	42	35	30	0,110	62	93	111	
3,20	73	19	4:I	1,85	0,59	2,43	36,7	414	621	219	74	38	40	42	44	38	32	0,171	122	183	219	
3,40	51	7	4:I	1,85	0,63	1,70	21,8	289	434	153	60	36	38	41	43	36	31	0,131	85	128	153	
3,60	72	34	3:III	1,85	0,67	--	--	--	--	--	71	38	40	42	44	37	32	0,161	120	180	216	
3,80	40	16	4:I	1,85	0,70	1,33	14,0	227	340	120	49	35	37	39	42	34	30	0,102	67	100	120	
4,00	18	15	2:III	1,85	0,74	0,75	6,4	192	288	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4,20	18	13	2:III	1,85	0,78	0,75	6,0	206	308	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4,40	17	8	2:III	1,85	0,81	0,72	5,4	221	332	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4,60	39	25	4:I	1,85	0,85	1,30	10,7	221	332	117	44	34	36	39	41	33	30	0,088	65	98	117	
4,80	60	18	4:I	1,85	0,89	2,00	17,3	340	510	180	57	36	38	40	43	35	32	0,123	100	150	180	
5,00	54	40	3:III	1,85	0,93	--	--	--	--	--	53	35	38	40	42	34	31	0,111	90	135	162	
5,20	29	14	4:I	1,85	0,96	0,98	6,5	249	373	87	30	32	35	38	40	30	29	0,059	48	73	87	
5,40	15	28	2:III	1,85	1,00	0,67	3,8	281	422	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5,60	14	17	2:III	1,85	1,04	0,64	3,4	291	437	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5,80	12	16	2:III	1,85	1,07	0,57	2,9	288	432	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6,00	13	19	2:III	1,85	1,11	0,60	2,9	301	452	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6,20	14	23	2:III	1,85	1,15	0,64	3,0	314	470	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6,40	15	17	2:III	1,85	1,18	0,67	3,1	326	488	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6,60	14	19	2:III	1,85	1,22	0,64	2,8	325	487	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6,80	17	21	2:III	1,85	1,26	0,72	3,1	348	523	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7,00	21	17	4:I	1,85	1,30	0,82	3,6	366	548	63	12	30	33	36	39	27	27	0,024	35	53	63	
7,20	17	21	2:III	1,85	1,33	0,72	2,9	361	542	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7,40	22	27	4:I	1,85	1,37	0,85	3,4	385	578	66	12	30	33	36	39	27	28	0,024	37	55	66	
7,60	17	20	2:III	1,85	1,41	0,72	2,7	371	557	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7,80	31	23	4:I	1,85	1,44	1,03	4,1	403	604	93	23	31	34	37	40	28	29	0,043	52	78	93	
8,00	29	29	4:I	1,85	1,48	0,98	3,8	417	626	87	20	31	34	37	40	28	29	0,038	48	73	87	
8,20	33	22	4:I	1,85	1,52	1,10	4,2	424	636	99	24	31	34	37	40	28	29	0,045	55	83	99	
8,40	30	20	4:I	1,85	1,55	1,00	3,6	439	658	90	20	31	34	37	40	28	29	0,038	50	75	90	
8,60	30	17	4:I	1,85	1,59	1,00	3,5	449	673	90	19	31	34	36	40	28	29	0,037	50	75	90	
8,80	30	20	4:I	1,85	1,63	1,00	3,4	458	687	90	19	31	33	36	39	28	29	0,036	50	75	90	
9,00	22	14	4:I	1,85	1,66	0,85	2,7	437	656	66	8	29	32	35	39	26	28	0,016	37	55	66	
9,20	25	20	4:I	1,85	1,70	0,91	2,9	458	687	75	11	30	33	36	39	26	28	0,023	42	63	75	
9,40	27	21	4:I	1,85	1,74	0,95	2,9	472	708	81	13	30	33	36	39	27	28	0,026	45	68	81	
9,60	24	17	4:I	1,85	1,78	0,89	2,6	462	694	72	9	29	32	35	39	26	28	0,019	40	60	72	
9,80	22	19	4:I	1,85	1,81	0,85	2,4	453	679	66	5	29	32	35	38	25	28	0,013	37	55	66	
10,00	20	--	4:I	1,85	1,85	0,80	2,2	439	658	60	2	28	31	35	38	25	27	0,004	33	50	60	

PENETROMETRO DINAMICO IN USO : **TG 63-100 EML.C**

Classificazione ISSMFE (1988) dei penetrometri dinamici		
TIPO	Sigla riferimento	Peso Massa Battente M (kg)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$
Super pesante	DPSH (Super Heavy)	$M \geq 60$

CARATTERISTICHE TECNICHE : TG 63-100 EML.C

PESO MASSA BATTENTE	M = 63,50 kg
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H = 0,75 m
PESO SISTEMA BATTUTA	M _s = 0,63 kg
DIAMETRO PUNTA CONICA	D = 51,00 mm
AREA BASE PUNTA CONICA	A = 20,43 cm ²
ANGOLO APERTURA PUNTA	$\alpha = 60^\circ$
LUNGHEZZA DELLE ASTE	L _a = 1,00 m
PESO ASTE PER METRO	M _a = 6,31 kg
PROF. GIUNZIONE 1 ^a ASTA	P ₁ = 0,40 m
AVANZAMENTO PUNTA	$\delta = 0,20$ m
NUMERO DI COLPI PUNTA	N = N(20) \Rightarrow Relativo ad un avanzamento di 20 cm
RIVESTIMENTO / FANGHI	SI
ENERGIA SPECIFICA x COLPO	Q = (MH)/(A δ) = 11,66 kg/cm ² (prova SPT : Q _{spt} = 7.83 kg/cm ²)
COEFF.TEORICO DI ENERGIA	$\beta_t = Q/Q_{spt} = 1,489$ (teoricamente : N _{spt} = β_t N)

Valutazione resistenza dinamica alla punta R_{pd} [funzione del numero di colpi N] (FORMULA OLANDESE) :

$$R_{pd} = M^2 H / [A e (M+P)] = M^2 H N / [A \delta (M+P)]$$

R_{pd} = resistenza dinamica punta [area A]
e = infissione per colpo = δ / N

M = peso massa battente (altezza caduta H)
P = peso totale aste e sistema battuta

UNITA' di MISURA (conversioni)

1 kg/cm ² = 0.098067 MPa
1 MPa = 1 MN/m ² = 10.197 kg/cm ²
1 bar = 1.0197 kg/cm ² = 0.1 MPa
1 kN = 0.001 MN = 101.97 kg

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

TABELLE VALORI DI RESISTENZA

n° 2

- indagine : PUBLIACQUA spa
 - cantiere :
 - località : Scarperia
 - note :

- data : 11/04/2007
 - quota inizio : 0
 - prof. falda : 0,00 m da quota inizio
 - pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,20	---	---	---	1	5,40 - 5,60	2	13,7	---	7
0,20 - 0,40	2	21,0	---	1	5,60 - 5,80	3	20,5	---	7
0,40 - 0,60	4	38,6	---	2	5,80 - 6,00	5	34,2	---	7
0,60 - 0,80	6	57,9	---	2	6,00 - 6,20	4	27,3	---	7
0,80 - 1,00	2	19,3	---	2	6,20 - 6,40	4	27,3	---	7
1,00 - 1,20	1	9,6	---	2	6,40 - 6,60	4	25,8	---	8
1,20 - 1,40	4	38,6	---	2	6,60 - 6,80	3	19,4	---	8
1,40 - 1,60	2	17,8	---	3	6,80 - 7,00	3	19,4	---	8
1,60 - 1,80	3	26,7	---	3	7,00 - 7,20	3	19,4	---	8
1,80 - 2,00	1	8,9	---	3	7,20 - 7,40	4	25,8	---	8
2,00 - 2,20	2	17,8	---	3	7,40 - 7,60	4	24,5	---	9
2,20 - 2,40	2	17,8	---	3	7,60 - 7,80	4	24,5	---	9
2,40 - 2,60	1	8,3	---	4	7,80 - 8,00	4	24,5	---	9
2,60 - 2,80	1	8,3	---	4	8,00 - 8,20	4	24,5	---	9
2,80 - 3,00	2	16,6	---	4	8,20 - 8,40	6	36,7	---	9
3,00 - 3,20	3	24,8	---	4	8,40 - 8,60	6	34,9	---	10
3,20 - 3,40	1	8,3	---	4	8,60 - 8,80	8	46,5	---	10
3,40 - 3,60	2	15,5	---	5	8,80 - 9,00	10	58,2	---	10
3,60 - 3,80	2	15,5	---	5	9,00 - 9,20	10	58,2	---	10
3,80 - 4,00	2	15,5	---	5	9,20 - 9,40	11	64,0	---	10
4,00 - 4,20	2	15,5	---	5	9,40 - 9,60	13	72,1	---	11
4,20 - 4,40	1	7,7	---	5	9,60 - 9,80	13	72,1	---	11
4,40 - 4,60	1	7,3	---	6	9,80 - 10,00	14	77,6	---	11
4,60 - 4,80	1	7,3	---	6	10,00 - 10,20	16	88,7	---	11
4,80 - 5,00	2	14,5	---	6	10,20 - 10,40	17	94,2	---	11
5,00 - 5,20	2	14,5	---	6	10,40 - 10,60	19	100,6	---	12
5,20 - 5,40	3	21,8	---	6	10,60 - 10,80	21	111,1	---	12

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63-100 EML.C**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,43 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [δ = 20 cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **SI**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

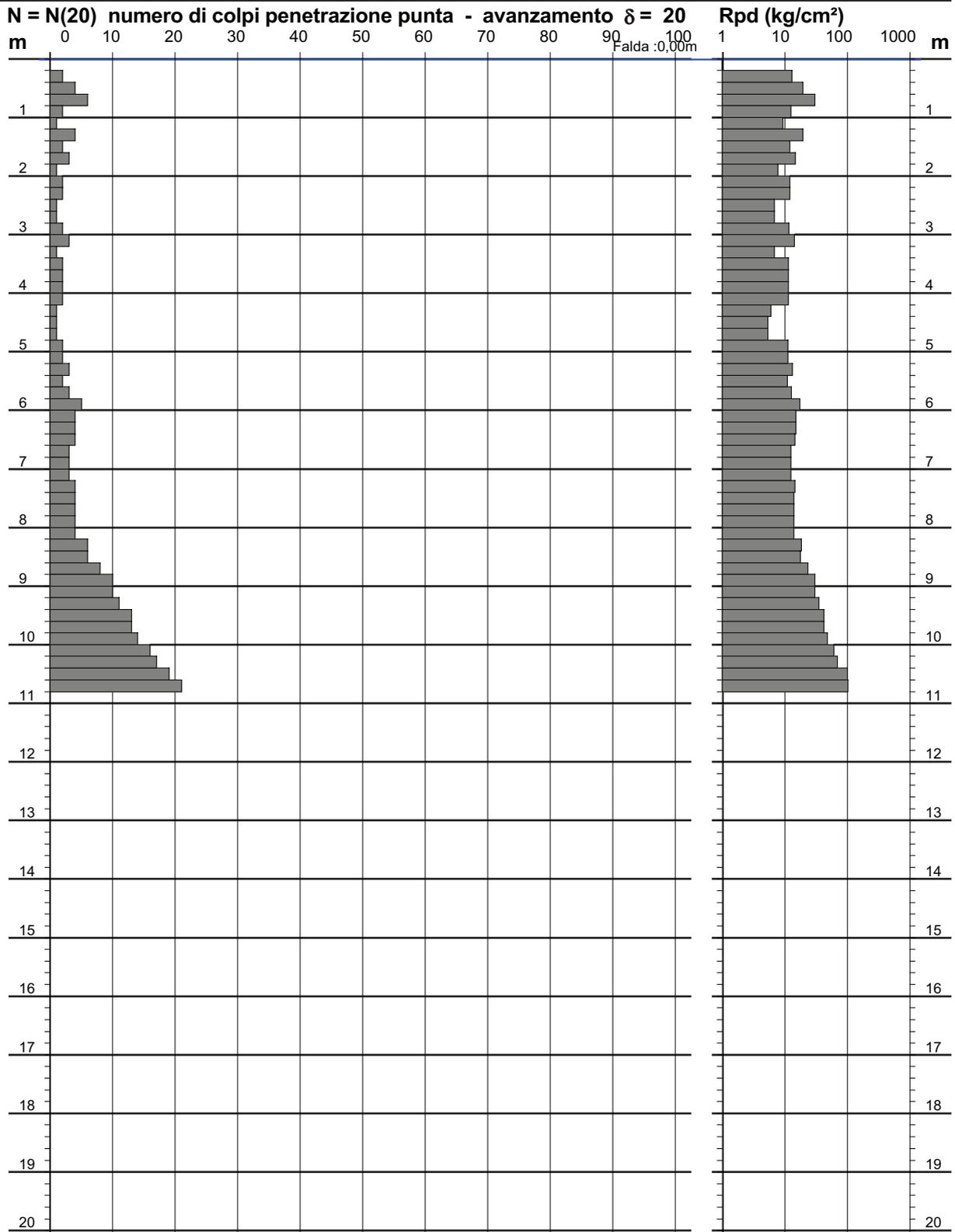
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

n° 2

Scala 1: 100

- indagine : PUBLIACQUA spa
 - cantiere :
 - località : Scarperia

- data : 11/04/2007
 - quota inizio : 0
 - prof. falda : 0,00 m da quota inizio



- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63-100 EML.C**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,43 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(20) [$\delta = 20$ cm]

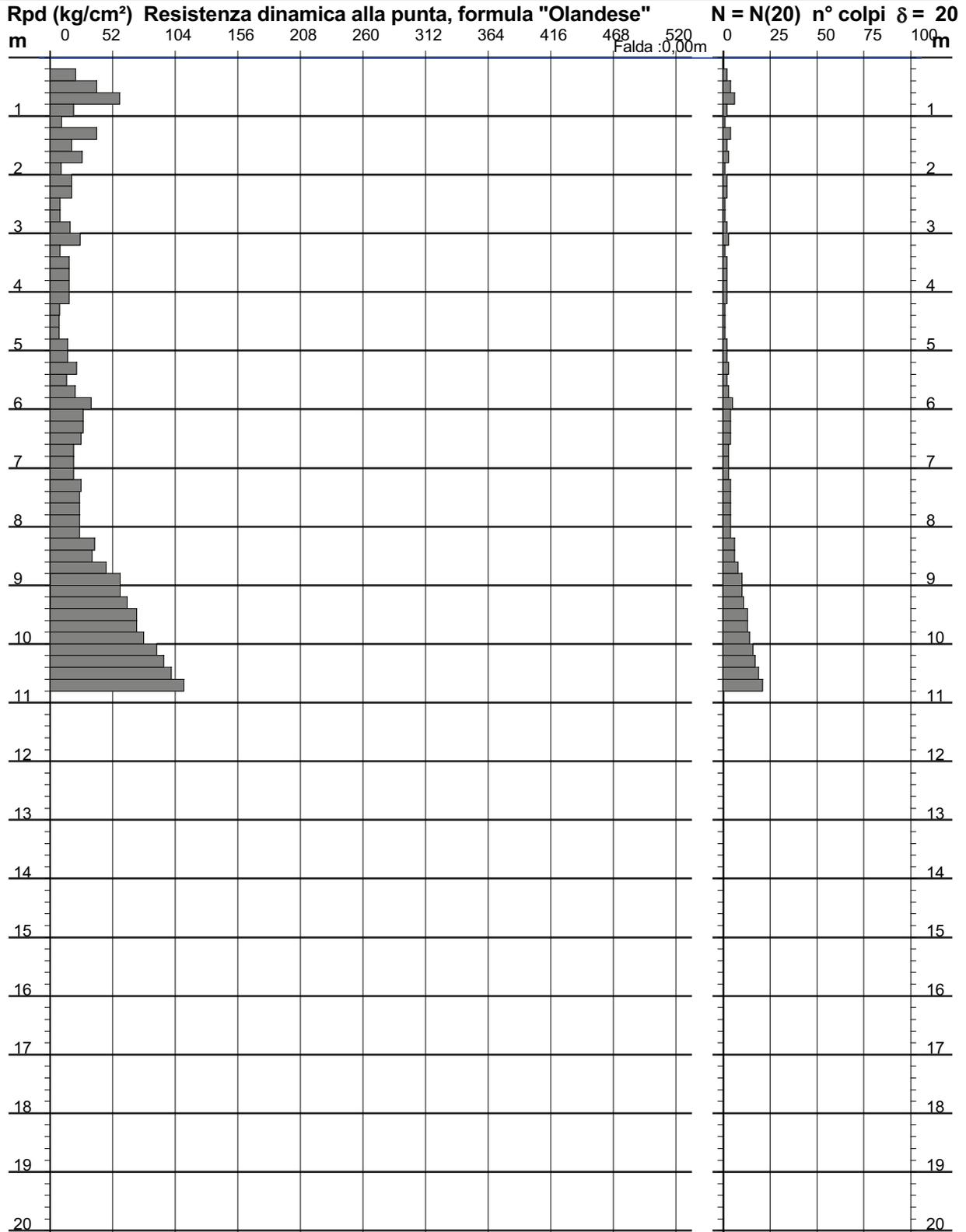
- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **SI**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

n° 2
Scala 1: 100

- indagine : PUBLIACQUA spa
- cantiere :
- località : Scarperia

- data : 11/04/2007
- quota inizio : 0
- prof. falda : 0,00 m da quota inizio



- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63-100 EML.C**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,43 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(20) [$\delta = 20$ cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **SI**

LEGENDA VALORI DI RESISTENZA

Strumento utilizzato:

PENETROMETRO STATICO OLANDESE tipo GOUDA (tipo meccanico).

Caratteristiche:

- punta conica meccanica \varnothing 35.7 mm, angolo di apertura $\alpha = 60^\circ$ - (area punta $A_p = 10 \text{ cm}^2$)
- manicotto laterale di attrito tipo 'Begemann' (\varnothing 35.7 mm - h 133 mm - sup. lat. Am. = 150 cm^2)
- velocità di avanzamento costante $V = 2 \text{ cm / sec}$ ($\pm 0,5 \text{ cm / sec}$)
- spinta max nominale dello strumento S_{max} variabile a seconda del tipo
- costante di trasformazione (lett. \Rightarrow Spinta) $C_t = \text{SPINTA (Kg)} / \text{LETTURA DI CAMPAGNA}$

fase 1 - resistenza alla punta $q_c \text{ (Kg / cm}^2 \text{)} = (L. \text{ punta}) C_t / 10$

fase 2 - resistenza laterale locale $f_s \text{ (Kg / cm}^2 \text{)} = [(L. \text{ laterale}) - (L. \text{ punta})] C_t / 150$

fase 3 - resistenza totale $R_t \text{ (Kg)} = (L. \text{ totale}) C_t$

$q_c / f_s = \text{'rapporto Begemann'}$

- L. punta = lettura di campagna durante l' infissione della sola punta (fase 1)
- L. laterale = lettura di campagna relativa all'infissione di punta e manicotto (fase 2)
- L. totale = lettura di campagna relativa all'infissione delle aste esterne (fase 3)

N.B. : la spinta $S \text{ (Kg)}$, corrispondente a ciascuna fase, si ottiene moltiplicando la corrispondente lettura di campagna L per la costante di trasformazione C_t .

N.B. : causa la distanza intercorrente (20 cm circa) fra il manicotto laterale e la punta conica del penetrometro, la resistenza laterale locale f_s viene computata 20 cm sopra la punta.

CONVERSIONI

1 kN (kiloNewton) = 1000 N \approx 100 kg = 0,1 t - 1MN (megaNewton) = 1000 kN = 1000000 N \approx 100 t

1 kPa (kiloPascal) = 1 kN/m² = 0,001 MN/m² = 0,001 MPa \approx 0,1 t/m² = 0,01 kg/cm²

1 MPa (MegaPascal) = 1 MN/m² = 1000 kN/m² = 1000 kPa \approx 100 t / m² = 10 kg/cm²

kg/cm² = 10 t/m² \approx 100 kN/m² = 100 kPa = 0,1 MN/m² = 0,1 Mpa

1 t = 1000 kg \approx 10 kN

LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

Valutazioni in base al rapporto: $F = (q_c / f_s)$

(Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977)

valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

$F = q_c / f_s$	NATURA LITOLOGICA	PROPRIETA'
$F < 15$	TORBE ED ARGILLE ORGANICHE	COESIVE
$15 < F \leq 30$	LIMI ED ARGILLE	COESIVE
$30 < F \leq 60$	LIMI SABBIOSI E SABBIE LIMOSE	GRANULARI
$F > 60$	SABBIE E SABBIE CON GHIAIA	GRANULARI

Vengono inoltre riportate le valutazioni stratigrafiche fornite da Schmertmann (1978), ricavabili in base ai valori di q_c e di $FR = (f_s / q_c) \% :$

- AO = argilla organica e terreni misti
- Att = argilla (inorganica) molto tenera
- At = argilla (inorganica) tenera
- Am = argilla (inorganica) di media consistenza
- Ac = argilla (inorganica) consistente
- Acc = argilla (inorganica) molto consistente
- ASL = argilla sabbiosa e limosa
- SAL = sabbia e limo / sabbia e limo argilloso
- Ss = sabbia sciolta
- Sm = sabbia mediamente addensata
- Sd = sabbia densa o cementata
- SC = sabbia con molti fossili, calcareniti

Secondo Schmertmann il valore della resistenza laterale da usarsi, dovrebbe essere pari a:

- $1/3 \pm 1/2$ di quello misurato , per depositi sabbiosi
- quello misurato (inalterato) , per depositi coesivi.

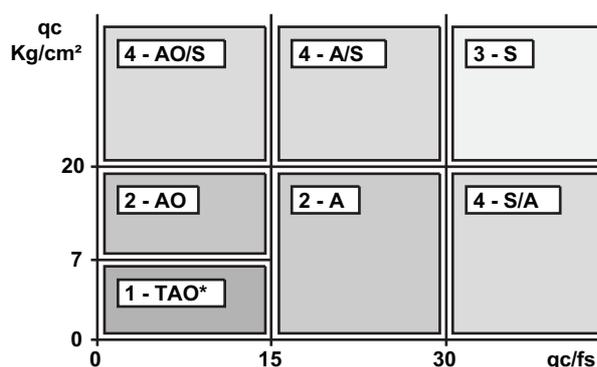
LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI

SCELTE LITOLOGICHE (validità orientativa)

Le scelte litologiche vengono effettuate in base al rapporto qc / fs
(Begemann 1965 -Raccomandazioni A.G.I. 1977), prevedendo altresì la possibilità di casi dubbi :

$qc \leq 20 \text{ kg/cm}^2$: possibili terreni COESIVI anche se $(qc / fs) > 30$

$qc \geq 20 \text{ kg/cm}^2$: possibili terreni GRANULARI anche se $(qc / fs) < 30$



NATURA LITOLOGICA

- 1 - COESIVA (TORBOSA) ALTA COMPRIMIBILITA'
- 2 - COESIVA IN GENERE
- 3 - GRANULARE
- 4 - COESIVA / GRANULARE

PARAMETRI GEOTECNICI (validità orientativa) - simboli - correlazioni - bibliografia

- γ' = peso dell' unità di volume (efficace) del terreno [correlazioni : γ' - qc - natura]
(Terzaghi & Peck 1967 -Bowles 1982)
- σ'_{vo} = tensione verticale geostatica (efficace) del terreno (valutata in base ai valori di γ')
- C_u = coesione non drenata (terreni coesivi) [correlazioni : C_u - qc]
- OCR = grado di sovra consolidazione (terreni coesivi) [correlazioni : OCR - C_u - σ'_{vo}]
(Ladd et al. 1972 / 1974 / 1977 - Lancellotta 1983)
- Eu = modulo di deformazione non drenato (terr.coes.) [correl. : Eu - C_u - OCR - I_p I_p = ind.plast.]
Eu50 - Eu25 corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (Duncan & Buchigani 1976)
- E' = modulo di deformazione drenato (terreni granulari) [correlazioni : E' - qc]
 E'_{50} - E'_{25} corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (coeff. di sicurezza $F = 2 - 4$ rispettivamente)
(Schmertmann 1970 / 1978 - Jamiolkowski et al. 1983)
- Mo = modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [correl. : Mo - qc - natura]
(Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973)
- Dr = densità relativa (terreni gran. N. C. - normalmente consolidati)
[correlazioni : Dr - qc - σ'_{vo}] (Schmertmann 1976)
- ϕ' = angolo di attrito interno efficace (terreni granulari N.C.) [correl. : ϕ' - Dr - qc - σ'_{vo}]
(Schmertmann 1978 - Durgunoglu & Mitchell 1975 - Meyerhof 1956 / 1976)
 ϕ'_{1s} - (Schmertmann) sabbia fine uniforme ϕ'_{2s} - sabbia media unif./ fine ben gradata
 ϕ'_{3s} - sabbia grossa unif./ media ben gradata ϕ'_{4s} - sabbia-ghiaia poco lim./ ghiaietto unif.
 ϕ'_{dm} - (Durgunoglu & Mitchell) sabbie N.C. ϕ'_{my} - (Meyerhof) sabbie limose
- Amax = accelerazione al suolo che può causare liquefazione (terreni granulari)
(g = acc.gravità)(Seed & Idriss 1971 - Sirio 1976) [correlazioni : (Amax/g) - Dr]

Analisi e prove geotecniche di laboratorio



LABOTER s.n.c.
Laboratorio geotecnico
A.L.G.I. n. 89



Via Nazario Sauro 440 - 51030 Pontelungo (PT) - Tel. 0573 570566 - Fax. 0573 910056 - e.mail : laboter@laboterpt.it
P. IVA : 00515880474 - C.C.I.A.A. 139089

ANALISI E PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO

Committente **Mappogeo per Publiacqua S.P.A.**

Cantiere : **Mugello**

Rapporto di prova n° : **43** *del* : **27/3/07**

CAMPIONI PERVENUTI : 13/03/07

n° CAMPIONI PERVENUTI : 5

Prove eseguite :	
Apertura campioni (ASTM D2488-93)	X
Contenuto d'acqua (ASTM D2216-92)	X
Peso di volume (M.I. PT 09/03)	X
Analisi granulometrica (ASTM D422-63)	
Limiti di Atterberg (ASTM D4318-84)	X
Peso specifico dei grani (ASTM D854-92)	
Prova di taglio diretto (ASTM D3080-72)	X
Prova di compressione ELL (ASTM D2166-85)	
Prova edometrica IL (ASTM D2435-90)	X
Prova triassiale (ASTM D2850-87)	
Prove di permeabilità (ASTM D2434-68)	
Classificazione U.S.C.S.(ASTM D2487-93)	
Prova di compattazione (ASTM D2168-80)	

Direttore Laboratorio
Dott. Geologo Paolo Tognelli

TABELLA RIASSUNTIVA DEI PARAMETRI GEOTECNICI

Comm.te : Mappogeo per Publiacqua S.P.A.

Località : Mugello

Rapporto di prova n° : 43

del : 27/3/07

Sond.			S1	S1	S2	S2	
Camp.	1 (S1C1)	4 (S2C2)					
da -- a --	2,2-2,7	4,0-4,5	2,5	5	2,5	5	
γ	1,722	1,784	1,722	1,722	1,722	1,722	
w	47,8	44,5	46,8	44,2	43,5	44,9	
Gs	2,650	2,650	2,650	2,650	2,650	2,650	
Gd	1,165	1,235	1,173	1,194	1,200	1,189	
e	1,274	1,147	1,259	1,219	1,208	1,230	
Sr	99	103	99	96	95	97	
n	56	53	56	55	55	55	
A							
L							
S							
G							
USCS			CH	CH	CH	MH-OH	
Wl			54,5	54,6	57,7	59,2	
Wp			25,5	28,3	29,1	31,3	
Ip			29,1	26,4	28,6	27,9	
Ic			0,3	0,4	0,5	0,5	
Wr							
k							
ϕ_r							
cr							
ϕ'	24	25					
c'	0,37	0,01					
ϕ							
cu							
cu (ELL)	24,87	8,07					
Mod. Edom							
0.25-0.5	71	62					
0.5-1.0	77	61					
1.0-2.0	93	65					
2.0-4.0	101	71					
4.0-8.0	145	87					
8.0-16.0	134	122					
16,0-32,0							
Cc	0,449	0,469					

* valore non determinato sperimentalmente

Gs (gr/cm³) = peso specifico dei grani - Gd (gr/cm³) = densità secca - g (gr/cm³) = peso di volume

w (%) = umidità naturale - e = indice dei vuoti - Sr (%) = grado di saturazione - n (%) = porosità

A (%) = argilla - L (%) = limo - S (%) = sabbia - G (%) = ghiaia

Wl (%) = limite liquido - Wp (%) = limite plastico - Ip (%) = ind. di plasticità - Ic = ind. di consistenza

 ϕ (°) = angolo di attrito interno non drenato - cu (Kg/cm²) = coesione non drenata ϕ' (°) = angolo di attrito drenato - c' (Kg/cm²) = coesione drenata ϕ_r (°) = angolo di attrito interno residuo - cr (Kg/cm²) = coesione residuacu (Kg/cm²) = sforzo a rottura prova ELL

k (m/sec) = coefficiente di permeabilità

Cc = indice di compressibilità

cv(i) = coefficiente di consolidazione -

Committente : Mappogeo per Publiacqua S.P.A.
 Cantiere : Mugello
 Sond. : S1 Camp. : da.....m.: 2,5
 Tipo di campione : Disturbato Lunghezza (cm.) = 33
Rapporto prova n° : 43 del : 27/3/07

Descrizione campione :
 Limo argilloso grigio scuro compatto

Tipo di campione : **Disturbato** in : **plastica**
 Lunghezza (cm.) = **33**

Pocket penetrometer (Kg/cm²) = **4,5** (kPa) **441,3**
 Vane test (kg/cm²) (kPa)

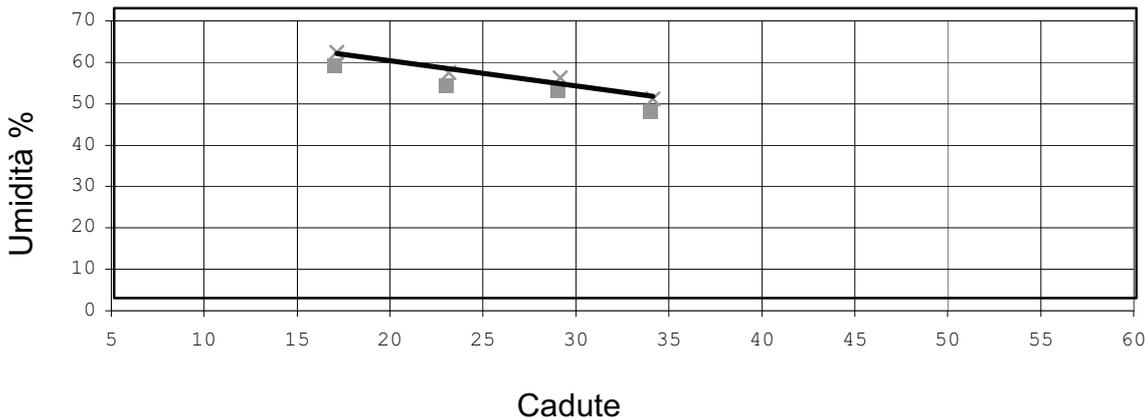
<i>Caratteristiche fisiche del campione</i>				kN/m³		<i>Limiti di Atterberg</i>	
Peso di volume g (gr/cm³) =		1,722		16,9		Class. Casagrande =	CH
Umidità naturale w (%) =		46,8				Limite Liquido WL % =	54,5
Peso Specifico Gs (gr/cm³) =		2,650		26,0		Limite Plastico WP % =	25,5
Densità secca Gd (gr/cm³) =		1,173		11,5		Indice di Plasticità IP =	29,1
Indice dei vuoti e =		1,259				Indice di Consistenza I _c =	0,3
Saturazione (%) =		99				Limite Ritiro WR % =	
Porosità n (%) =		56					
<i>Analisi Granulometrica</i>				<i>Taglio Diretto CD</i>		<i>Taglio Diretto UU</i>	
% ghiaia	% sabbia	% limo	% argilla	φ' (°)	c' (kg/cm²)	φ (°)	cu (kg/cm²)
					kPa		kPa
				<i>Parametri residui</i>			
				φ' (°)	c' (kg/cm²)		
					kPa		
<i>Prova di compressione edometrica</i>				Prove eseguite sul campione			
Indice compressibilità C _c =							
PRESS.	cv	k	E	E			
kg/cm²	cm²/sec	cm/sec	kg/cm²	kPa	umidità naturale w	X	
0.25-0.5					peso volume γ	X	
0.5-1.0					peso specifico G_s	-	
1.0-2.0					limiti Atterberg LA	X	
2.0-4.0					granulometria Gr	-	
4.0-8.0					taglio diretto TD	-	
8.0-16.0					compressione ELL	-	
16.0-32.0					edometria ED	-	
					permeabilità Pr	-	
Indice di ricompressione					proctor PT	-	
Indice di rigonfiamento					riassiale TX	-	

LIMITI DI ATTERBERG

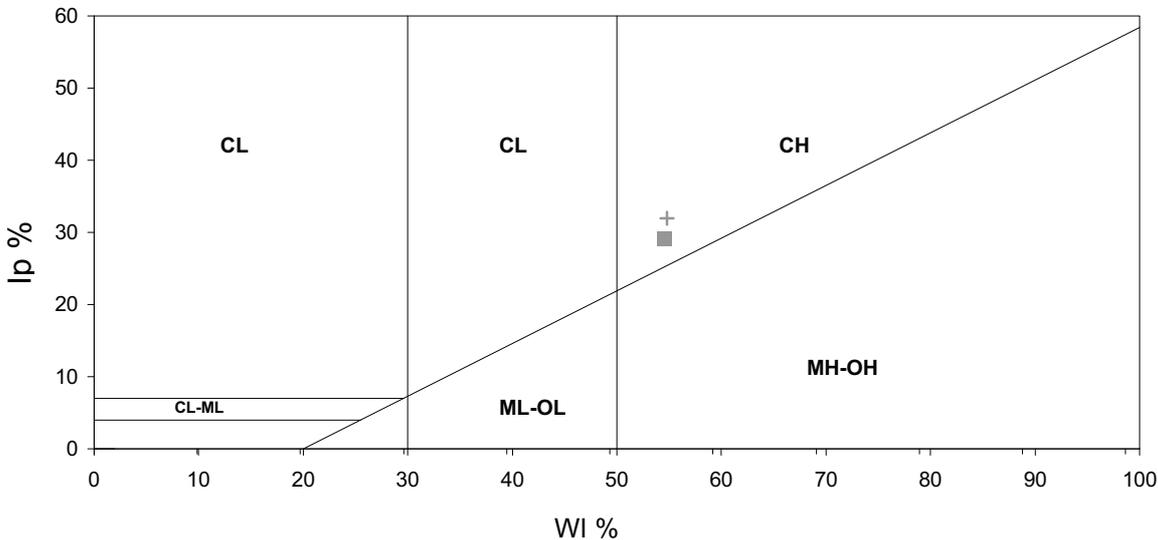
Committente.... Mappogeo per Publiacqua S.P.A.
 Cantiere..... Mugello

Sond.... S1 Camp.... da..... 2,5
 Cert. n° : 413 del : 27/3/07 Pagina : 1/1

LIMITE DI PLASTICITA'						
Prova...	1	2	3	4		
Tara....	8,90	9,56				
R+TU....	11,56	13,11				
R+TS....	11,02	12,39				
w %	25,5	25,4				
LIMITE DI LIQUIDITA'						
Prova...	1	2	3	4		
Tara....	18,17	17,96	18,37	18,37	Class.Cas.	CH
R+TU....	27,25	30,11	27,98	27,62	WL....=	54,5
R+TS....	23,87	25,83	24,64	23,17	Wp....=	25,5
Cadute..	17	23	29	34	IP....=	29,1
w %	59,3	54,4	53,3	48,1	Ic....=	0,3



Carta di Plasticità di CASAGRANDE



Committente : Mappogeo per Publiacqua S.P.A.
 Cantiere : Mugello
 Sond. : S1 Camp. : da.....m.: 5
 Tipo di campione : Disturbato Lunghezza (cm.) = 28
Rapporto prova n° : 43 del : 27/3/07

Descrizione campione :
 Argilla grigio scuro torbosa compatta

Tipo di campione : **Disturbato** in : **plastica**
 Lunghezza (cm.) = **28**

Pocket penetrometer (Kg/cm²) = **4,0** (kPa) **392,3**
 Vane test (kg/cm²) (kPa)

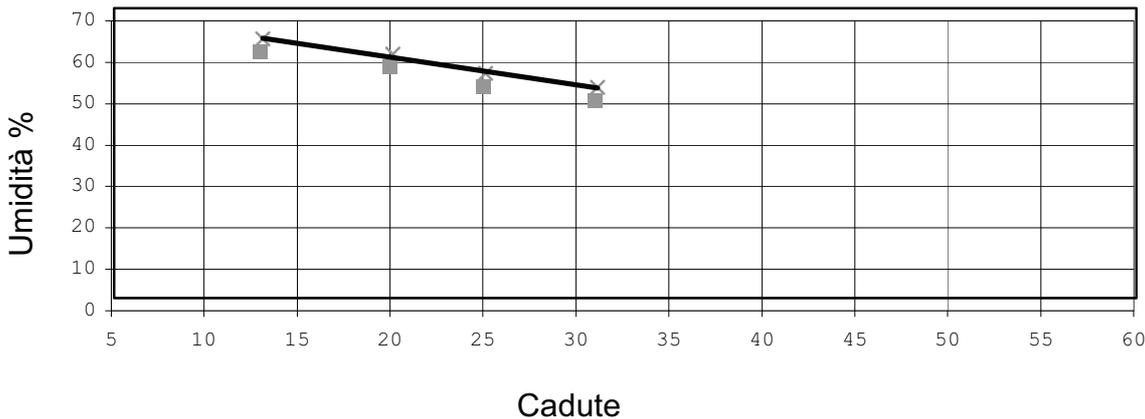
<i>Caratteristiche fisiche del campione</i>				kN/m³		<i>Limiti di Atterberg</i>	
Peso di volume g (gr/cm³) =		1,722		16,9		Class. Casagrande =	CH
Umidità naturale w (%) =		44,2				Limite Liquido WL % =	54,6
Peso Specifico Gs (gr/cm³) =		2,650		26,0		Limite Plastico WP % =	28,3
Densità secca Gd (gr/cm³) =		1,194		11,7		Indice di Plasticità IP =	26,4
Indice dei vuoti e =		1,219				Indice di Consistenza Ic =	0,4
Saturazione (%) =		96				Limite Ritiro WR % =	
Porosità n (%) =		55					
<i>Analisi Granulometrica</i>				<i>Taglio Diretto CD</i>		<i>Taglio Diretto UU</i>	
% ghiaia	% sabbia	% limo	% argilla	φ' (°)	c' (kg/cm²)	φ (°)	cu (kg/cm²)
					kPa		kPa
				<i>Parametri residui</i>			
				φ' (°)	c' (kg/cm²)		
					kPa		
<i>Prova di compressione edometrica</i>				Prove eseguite sul campione			
Indice compressibilità Cc =							
PRESS. kg/cm²	cv cm²/sec	k cm/sec	E kg/cm²	E kPa			
0.25-0.5					umidità naturale w	X	
0.5-1.0					peso volume γ	X	
1.0-2.0					peso specifico Gs	-	
2.0-4.0					limiti Atterberg LA	X	
4.0-8.0					granulometria Gr	-	
8.0-16.0					taglio diretto TD	-	
16.0-32.0					compressione ELL	-	
					edometria ED	-	
					permeabilità Pr	-	
Indice di ricompressione					proctor PT	-	
Indice di rigonfiamento					riassiale TX	-	

LIMITI DI ATTERBERG

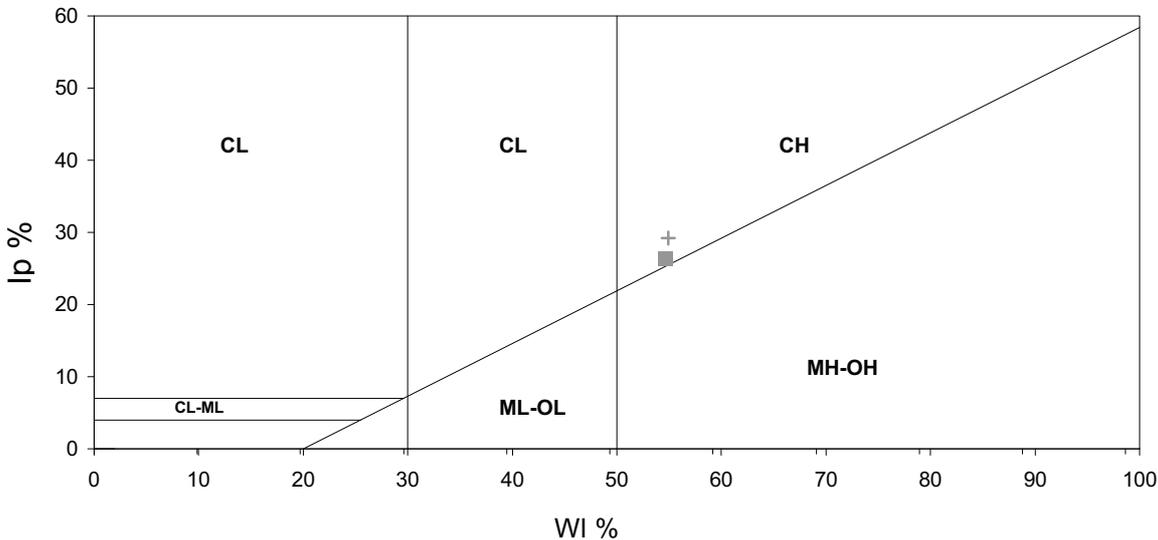
Committente.... Mappogeo per Publiacqua S.P.A.
 Cantiere..... Mugello

Sond.... S1 Camp.... da..... 5
 Cert. n° : 414 del : 27/3/07 Pagina : 1/1

LIMITE DI PLASTICITA'						
Prova...	1	2	3	4		
Tara....	9,24	12,11				
R+TU....	13,25	14,62				
R+TS....	12,36	14,07				
w %	28,5	28,1				
LIMITE DI LIQUIDITA'						
Prova...	1	2	3	4		
Tara....	17,56	17,11	21,05	20,56	Class.Cas.	CH
R+TU....	26,37	28,61	31,42	30,22	WL....=	54,6
R+TS....	22,98	24,35	27,77	25,31	Wp....=	28,3
Cadute..	13	20	25	31	IP....=	26,4
w %	62,5	58,8	54,3	50,8	Ic....=	0,4



Carta di Plasticità di CASAGRANDE



Committente : Mappogeo per Publicacqua S.P.A.
 Cantiere : Mugello
 Sond. : S2 Camp. : da.....m.: 2,5
 Tipo di campione : Disturbato Lunghezza (cm.) = 32
Rapporto prova n° : 43 del : 27/3/07

Descrizione campione :
 Argilla grigio scuro torbosa compatta

Tipo di campione : **Disturbato** in : **plastica**
 Lunghezza (cm.) = **32**

Pocket penetrometer (Kg/cm²) = **4,5** (kPa) **441,3**
 Vane test (kg/cm²) (kPa)

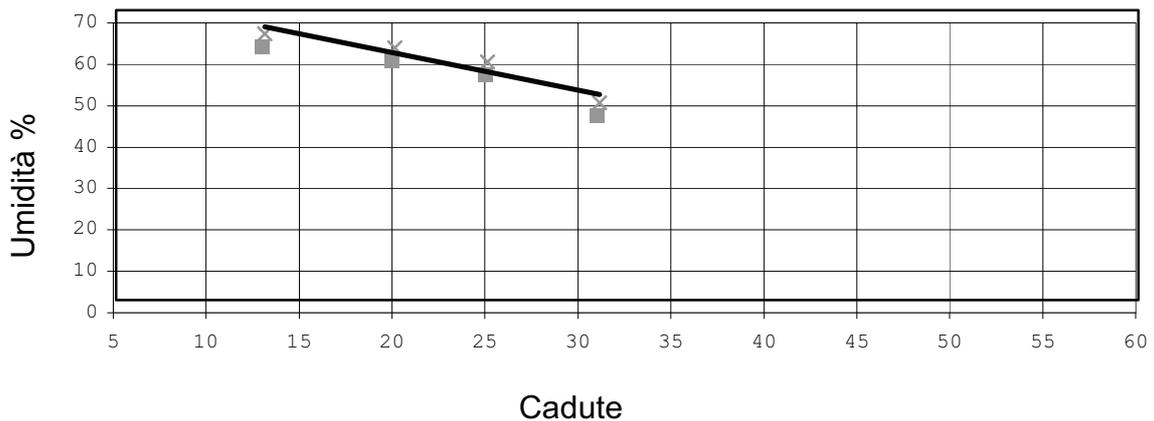
<i>Caratteristiche fisiche del campione</i>				kN/m³		<i>Limiti di Atterberg</i>	
Peso di volume g (gr/cm³) =		1,722		16,9		Class. Casagrande =	CH
Umidità naturale w (%) =		43,5				Limite Liquido WL % =	57,7
Peso Specifico Gs (gr/cm³) =		2,650		26,0		Limite Plastico WP % =	29,1
Densità secca Gd (gr/cm³) =		1,200		11,8		Indice di Plasticità IP =	28,6
Indice dei vuoti e =		1,208				Indice di Consistenza Ic =	0,5
Saturazione (%) =		95				Limite Ritiro WR % =	
Porosità n (%) =		55					
<i>Analisi Granulometrica</i>				<i>Taglio Diretto CD</i>		<i>Taglio Diretto UU</i>	
% ghiaia	% sabbia	% limo	% argilla	φ' (°)	c' (kg/cm²)	φ (°)	cu (kg/cm²)
					kPa		kPa
				<i>Parametri residui</i>			
				φ' (°)	c' (kg/cm²)		
					kPa		
<i>Prova di compressione edometrica</i>				Prove eseguite sul campione			
Indice compressibilità Cc =							
PRESS.	cv	k	E	E			
kg/cm²	cm²/sec	cm/sec	kg/cm²	kPa	umidità naturale w	X	
0.25-0.5					peso volume γ	X	
0.5-1.0					peso specifico Gs	-	
1.0-2.0					limiti Atterberg LA	X	
2.0-4.0					granulometria Gr	-	
4.0-8.0					taglio diretto TD	-	
8.0-16.0					compressione ELL	-	
16,0-32,0					edometria ED	-	
					permeabilità Pr	-	
Indice di ricompressione					proctor PT	-	
Indice di rigonfiamento					riassiale TX	-	

LIMITI DI ATTERBERG

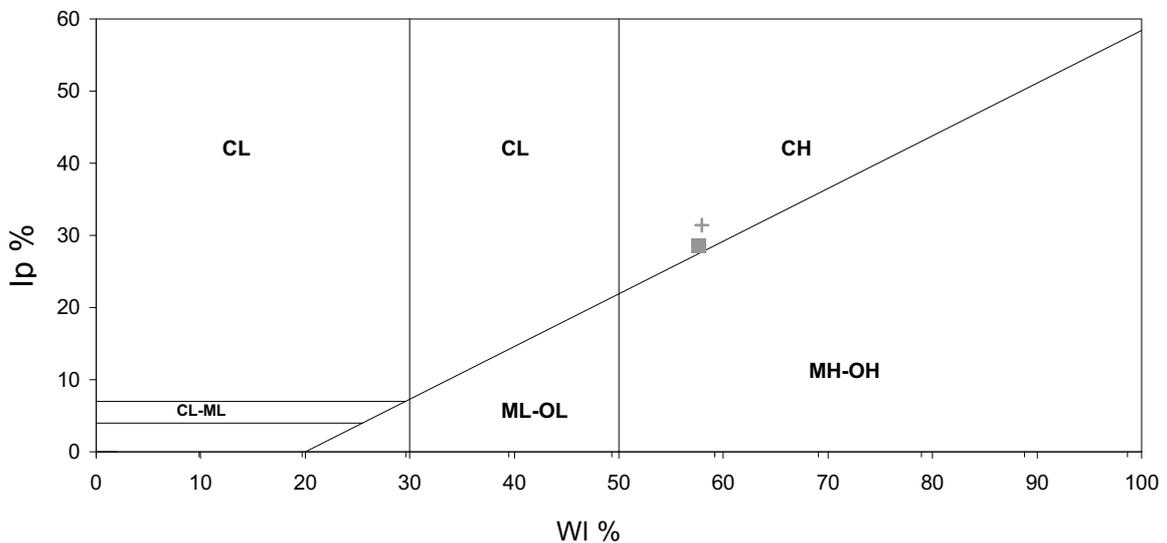
Committente.... Mappogeo per Publiacqua S.P.A.
 Cantiere..... Mugello

Sond.... S2 Camp.... da..... 2,5
 Cert. n° : 415 del : 27/3/07 Pagina : 1/1

LIMITE DI PLASTICITA'						
Prova...	1	2	3	4		
Tara....	9,15	12,39				
R+TU....	14,11	14,75				
R+TS....	13,01	14,21				
w %	28,5	29,7				
LIMITE DI LIQUIDITA'						
Prova...	1	2	3	4		
Tara....	18,12	17,26	17,28	17,64	Class.Cas.	CH
R+TU....	26,37	27,64	30,27	28,65	WL....=	57,7
R+TS....	23,14	23,71	25,53	23,41	Wp....=	29,1
Cadute..	13	20	25	31	IP....=	28,6
w %	64,3	60,9	57,5	47,6	Ic....=	0,5



Carta di Plasticità di CASAGRANDE



Committente : Mappogeo per Publiacqua S.P.A.
 Cantiere : Mugello
 Sond. : S2 Camp. : da.....m.: 5
 Tipo di campione : Disturbato Lunghezza (cm.) = 20
Rapporto prova n° : 43 del : 27/3/07

Descrizione campione :
 Argilla grigio verde con venature torbose compatta

Tipo di campione : **Disturbato** in : **plastica**
 Lunghezza (cm.) = **20**

Pocket penetrometer (Kg/cm²) = **2,2** (kPa) **215,7**
 Vane test (kg/cm²) (kPa)

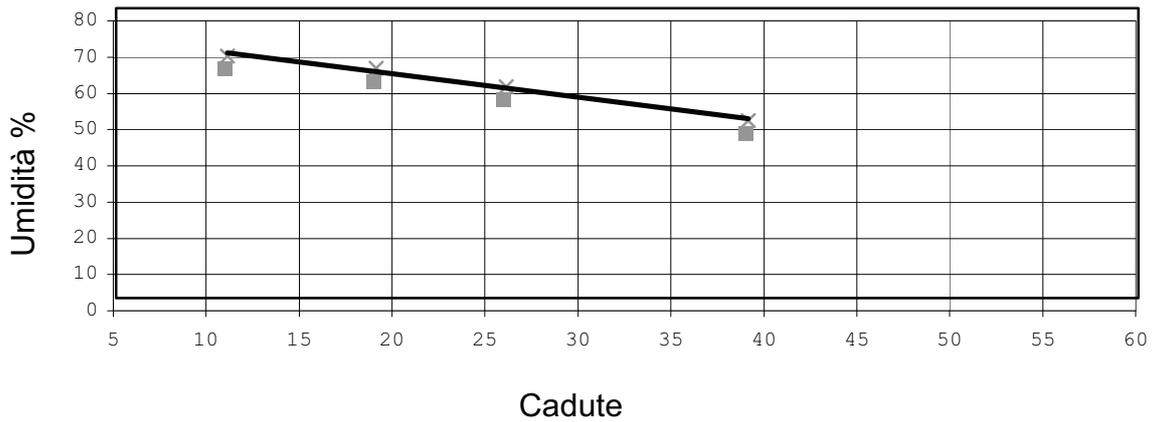
<i>Caratteristiche fisiche del campione</i>				kN/m³		<i>Limiti di Atterberg</i>	
Peso di volume g (gr/cm³) =		1,722		16,9		Class. Casagrande =	MH-OH
Umidità naturale w (%) =		44,9				Limite Liquido WL % =	59,2
Peso Specifico Gs (gr/cm³) =		2,650		26,0		Limite Plastico WP % =	31,3
Densità secca Gd (gr/cm³) =		1,189		11,7		Indice di Plasticità IP =	27,9
Indice dei vuoti e =		1,230				Indice di Consistenza I _c =	0,5
Saturazione (%) =		97				Limite Ritiro WR % =	
Porosità n (%) =		55					
<i>Analisi Granulometrica</i>				<i>Taglio Diretto CD</i>		<i>Taglio Diretto UU</i>	
% ghiaia	% sabbia	% limo	% argilla	φ' (°)	c' (kg/cm²)	φ (°)	cu (kg/cm²)
					kPa		kPa
				<i>Parametri residui</i>			
				φ' (°)	c' (kg/cm²)		
					kPa		
<i>Prova di compressione edometrica</i>				Prove eseguite sul campione			
Indice compressibilità C _c =							
PRESS. kg/cm²	cv cm²/sec	k cm/sec	E kg/cm²	E kPa			
0.25-0.5					umidità naturale w	X	
0.5-1.0					peso volume γ	X	
1.0-2.0					peso specifico G_s	-	
2.0-4.0					limiti Atterberg LA	X	
4.0-8.0					granulometria Gr	-	
8.0-16.0					taglio diretto TD	-	
16.0-32.0					compressione ELL	-	
					edometria ED	-	
					permeabilità Pr	-	
Indice di ricompressione					proctor PT	-	
Indice di rigonfiamento					riassiale TX	-	

LIMITI DI ATTERBERG

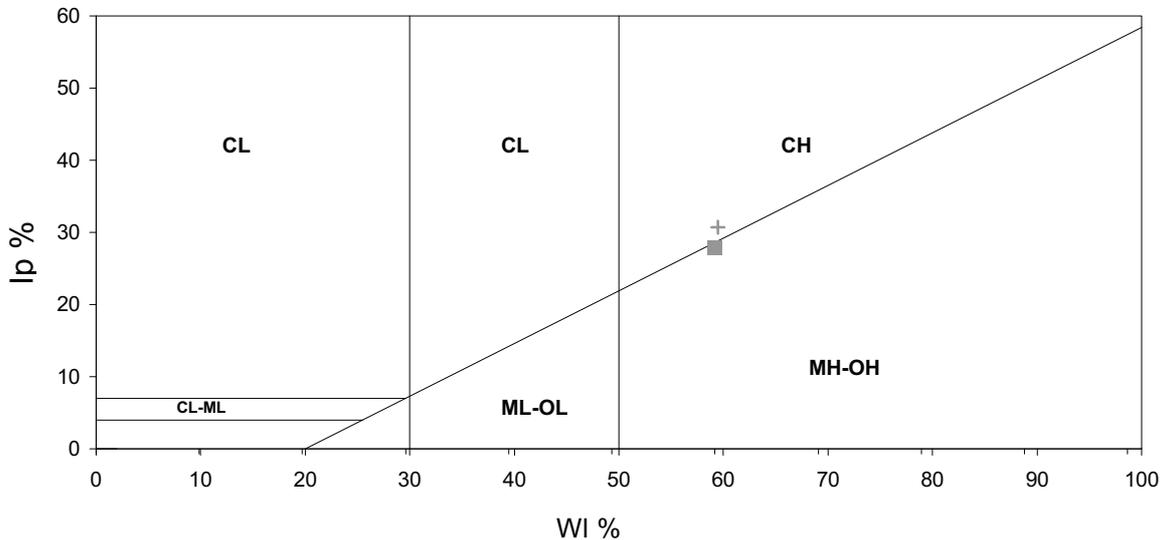
Committente.... Mappogeo per Publiacqua S.P.A.
 Cantiere..... Mugello

Sond.... S2 Camp.... da..... 5
 Cert. n° : 416 del : 27/3/07 Pagina : 1/1

LIMITE DI PLASTICITA'						
Prova...	1	2	3	4		
Tara....	8,17	9,57				
R+TU....	13,25	14,68				
R+TS....	12,05	13,45				
w %	30,9	31,7				
LIMITE DI LIQUIDITA'						
Prova...	1	2	3	4		
Tara....	17,15	17,61	20,25	17,22	Class.Cas.	MH-OH
R+TU....	26,37	27,64	30,27	28,65	WL....=	59,2
R+TS....	22,68	23,75	26,58	23,05	Wp....=	31,3
Cadute..	11	19	26	39	IP....=	27,9
w %	66,7	63,4	58,3	49,0	Ic....=	0,5



Carta di Plasticità di CASAGRANDE





LABOTER s.n.c.
Laboratorio geotecnico
A.L.G.I. n. 89



Via Nazario Sauro 440 - 51030 Pontelungo (PT) - Tel. 0573 570566 - Fax. 0573 910056 - e.mail : laboter@laboterpt.it
P. IVA : 00515880474 - C.C.I.A.A. 139089

ANALISI E PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO

Committente **Mappogeo per Publiacqua S.P.A.**

Cantiere : **Mugello**

Rapporto di prova n° : **43** *del* : **27/3/07**

CAMPIONI PERVENUTI : **13/03/07**

n° CAMPIONI PERVENUTI : **2**

Prove eseguite :	
Apertura campioni (ASTM D2488-93)	X
Contenuto d'acqua (ASTM D2216-92)	X
Peso di volume (M.I. PT 09/03)	X
Analisi granulometrica (ASTM D422-63)	
Limiti di Atterberg (ASTM D4318-84)	
Peso specifico dei grani (ASTM D854-92)	
Prova di taglio diretto (ASTM D3080-72)	X
Prova di compressione ELL (ASTM D2166-85)	
Prova edometrica IL (ASTM D2435-90)	X
Prova triassiale (ASTM D2850-87)	
Prove di permeabilità (ASTM D2434-68)	
Classificazione U.S.C.S.(ASTM D2487-93)	
Prova di compattazione (ASTM D2168-80)	

Direttore Laboratorio
Dott. Geologo Paolo Tognelli

TABELLA RIASSUNTIVA DEI PARAMETRI GEOTECNICI

Comm.te : Mappogeo per Publiacqua S.P.A.

Località : Mugello

Rapporto di prova n° :

43

del : 27/3/07

Sond.							
Camp.	1 (S1C1)	4 (S2C2)					
da -- a --	2,2-2,7	4,0-4,5					
γ	1,722	1,784					
w	47,8	44,5					
Gs	2,650	2,650					
Gd	1,165	1,235					
e	1,274	1,147					
Sr	99	103					
n	56	53					
A							
L							
S							
G							
USCS							
Wl							
Wp							
Ip							
Ic							
Wr							
k							
ϕ_r							
cr							
ϕ'	24	25					
c'	0,37	0,01					
ϕ							
cu							
cu (ELL)	24,87	8,07					
Mod. Edom							
0.25-0.5	71	62					
0.5-1.0	77	61					
1.0-2.0	93	65					
2.0-4.0	101	71					
4.0-8.0	145	87					
8.0-16.0	134	122					
16,0-32,0							
Cc	0,449	0,469					

* valore non determinato sperimentalmente

Gs (gr/cm³) = peso specifico dei grani - Gd (gr/cm³) = densità secca - g (gr/cm³) = peso di volume

w (%) = umidità naturale - e = indice dei vuoti - Sr (%) = grado di saturazione - n (%) = porosità

A (%) = argilla - L (%) = limo - S (%) = sabbia - G (%) = ghiaia

Wl (%) = limite liquido - Wp (%) = limite plastico - Ip (%) = ind. di plasticità - Ic = ind. di consistenza

 ϕ (°) = angolo di attrito interno non drenato - cu (Kg/cm²) = coesione non drenata ϕ' (°) = angolo di attrito drenato - c' (Kg/cm²) = coesione drenata ϕ_r (°) = angolo di attrito interno residuo - cr (Kg/cm²) = coesione residuacu (Kg/cm²) = sforzo a rottura prova ELL

k (m/sec) = coefficiente di permeabilità

Cc = indice di compressibilità

cv(i) = coefficiente di consolidazione -

Committente : Mappogeo per Publiacqua S.P.A.
 Cantiere : Mugello
 Sond. : Camp. : 1 (S1C1) da.....m.: 2,2-2,7
 Tipo di campione : Indisturbato Lunghezza (cm.) = 56
Rapporto prova n° : 43 del : 27/3/07

Descrizione campione :
 Limo grigio scuro compatto

Tipo di campione : **Indisturbato** in : **Fustella**
 Lunghezza (cm.) = **56**

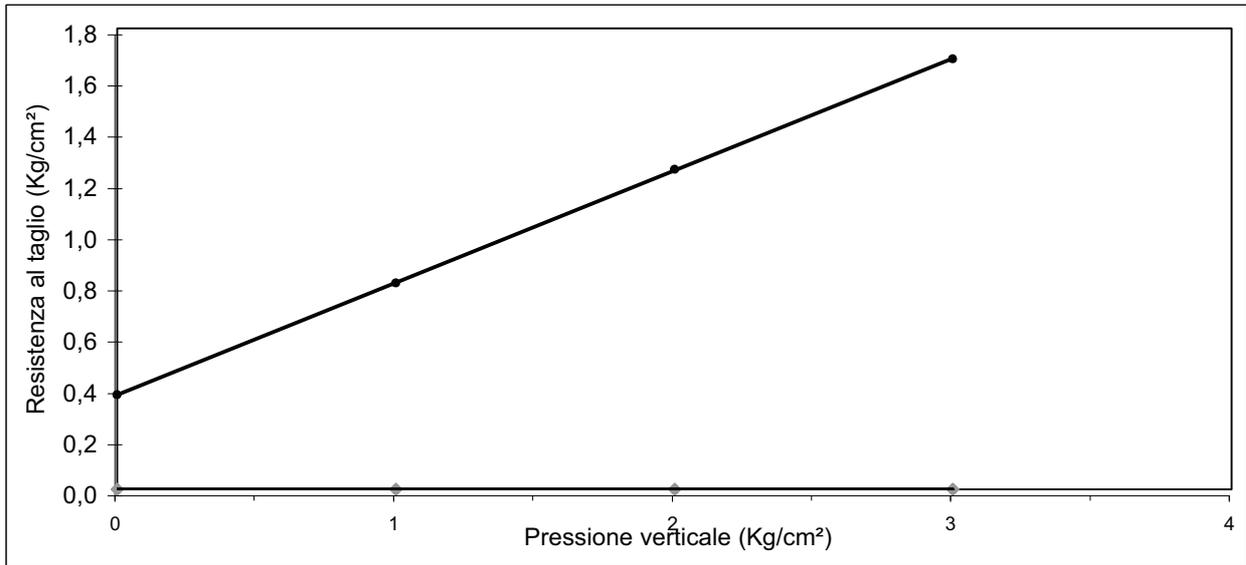


Pocket penetrometer (Kg/cm²) = **3,5** (kPa) **343,2**
 Vane test (kg/cm²) (kPa)

Caratteristiche fisiche del campione				kN/m³		Limiti di Atterberg	
Peso di volume g (gr/cm³) =		1,722		16,9		Class. Casagrande =	
Umidità naturale w (%) =		47,8				Limite Liquido WL % =	
Peso Specifico Gs (gr/cm³) =		2,650		26,0		Limite Plastico WP % =	
Densità secca Gd (gr/cm³) =		1,165		11,4		Indice di Plasticità IP =	
Indice dei vuoti e =		1,274				Indice di Consistenza Ic =	
Saturazione (%) =		99				Limite Ritiro WR % =	
Porosità n (%) =		56					
Analisi Granulometrica				Taglio Diretto CD		Taglio Diretto UU	
% ghiaia	% sabbia	% limo	% argilla	φ' (°)	c' (kg/cm²)	φ (°)	cu (kg/cm²)
				24	0,37	25	0,69
					kPa		kPa
					36,1		68,1
				Parametri residui			
				φ' (°)	c' (kg/cm²)		
					kPa		
Prova di compressione edometrica				Prove eseguite sul campione			
Indice compressibilità Cc = 0,449							
PRESS. kg/cm²	cv cm²/sec	k cm/sec	E kg/cm²	E kPa			
0.25-0.5	6,5E-04	9,1E-09	71	7005	umidità naturale w	X	
0.5-1.0	5,5E-04	7,1E-09	77	7544	peso volume γ	X	
1.0-2.0	6,1E-04	6,5E-09	93	9122	peso specifico Gs	X	
2.0-4.0	5,0E-04	4,9E-09	101	9931	limiti Atterberg LA	-	
4.0-8.0	6,1E-04	4,2E-09	145	14264	granulometria Gr	-	
8.0-16.0	2,4E-04	1,8E-09	134	13185	taglio diretto TD	X	
16.0-32.0					compressione ELL	-	
					edometria ED	X	
					permeabilità Pr	-	
					proctor PT	-	
					riassiale TX	-	
Indice di ricomprensione							
Indice di rigonfiamento							

PROVA DI TAGLIO DIRETTO
Consolidato drenato CD

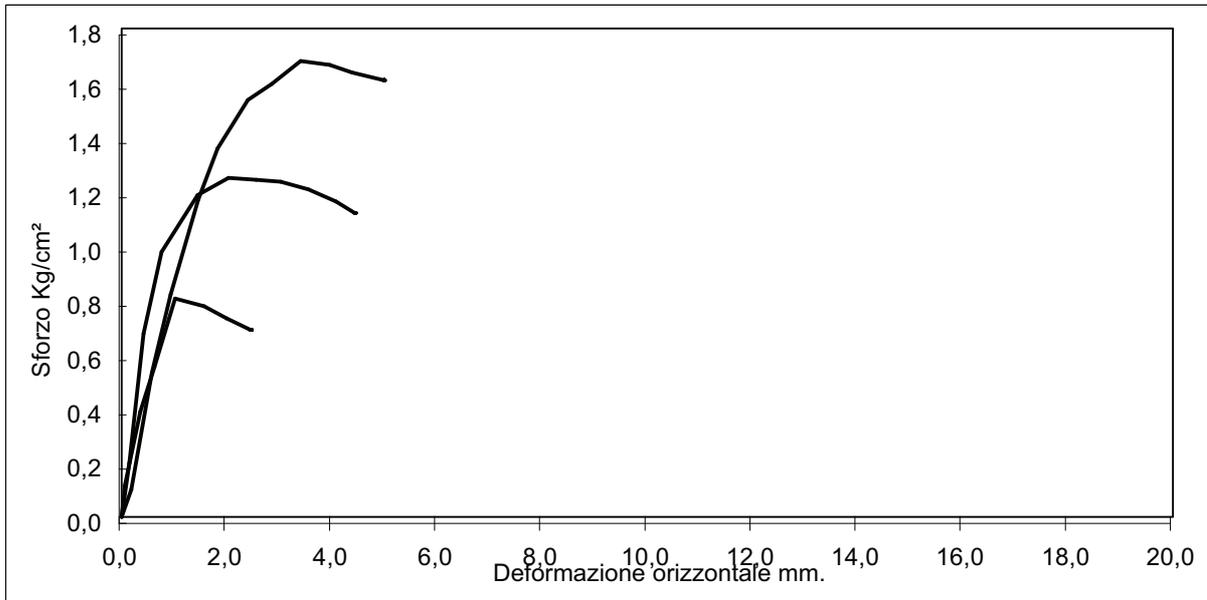
Committente..... Mappogeo per Publiacqua S.P.A.
 Cantiere..... Mugello
 Sond.... Camp... 1 (S1C1) da..... 2,2-2,7
 Cert. n° : 330 del : 27/3/07 Pagina : 1/2



Provino 1	Def. orizz.	Sforzo	Provino 2	Def. orizz.	Sforzo	Provino 3	Def. orizz.	Sforzo
	mm.	Kg/cm ²		mm.	Kg/cm ²		mm.	Kg/cm ²
	0	0		0	0		0	0
	0,060	0,115		0,150	0,201		0,180	0,101
	0,360	0,388		0,420	0,675		0,580	0,531
	0,620	0,553		0,760	0,977		0,930	0,819
	1,020	0,804		1,450	1,185		1,460	1,170
	1,570	0,776		2,030	1,249		1,830	1,357
	2,000	0,732		2,560	1,242		2,400	1,537
	2,450	0,689		3,020	1,235		2,850	1,594
				3,550	1,206		3,410	1,680
				4,080	1,163		3,950	1,666
				4,430	1,120		4,380	1,637
							4,980	1,608

PROVA DI TAGLIO DIRETTO
Consolidato drenato CD

Committente..... Mappogeo per Publiacqua S.P.A.
 Cantiere..... Mugello
 Sond..... Camp... 1 (S1C1) da..... 2,2-2,7
 Cert. n° : 330 del : 27/3/07 Pagina : 2/2



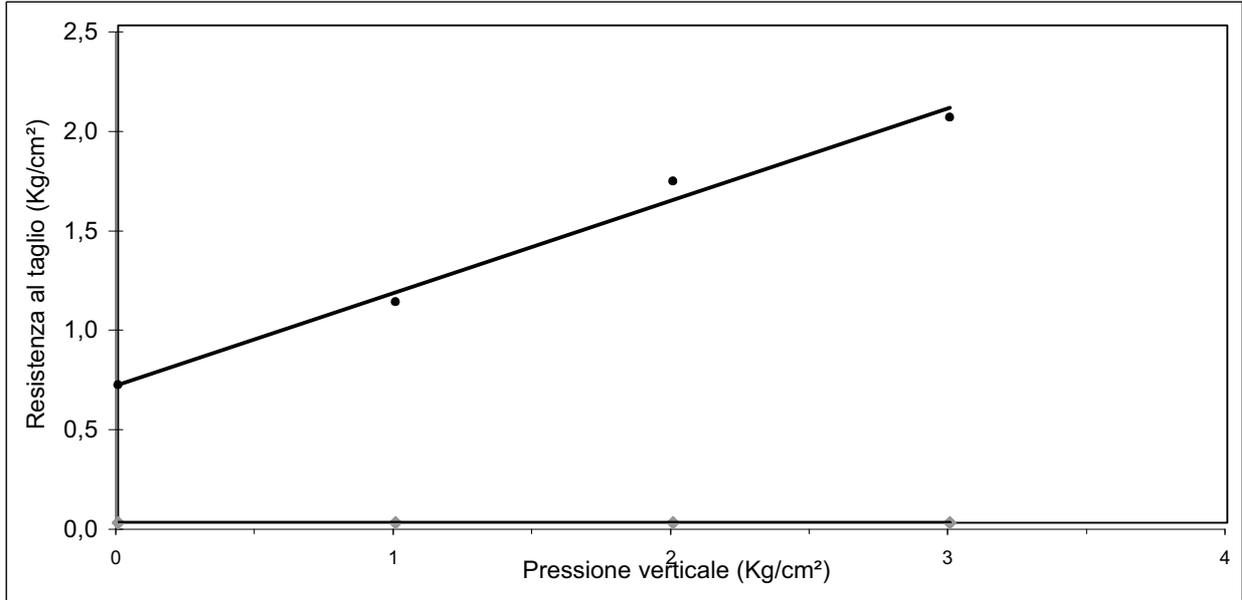
		PROVINO n. 1		PROVINO n. 2		PROVINO n. 3	
Velocità mm/min.	0,010	Iniziale	Finale	Iniziale	Finale	Iniziale	Finale
Altezza (mm)		20	19,68	20	19,13	20	18,80
Diametro (mm)		63		63		63	
Volume (cm ³)		63,34	55,64	63,34	50,70	63,34	53,16
γ umido (g/cm ³)		1,699	0,602	1,718	1,416	1,665	0,559
γ secco (g/cm ³)		1,149	0,397	1,163	0,924	1,126	0,559
Umidità (%)		47,8	51,4	47,8	53,3	47,8	51,5

PARAMETRI A ROTTURA

		1	2	3
Pressione verticale Kg/cm ²				
Sforzo a rottura Kg/cm ²		0,804	1,249	1,680
Deform. verticale consolidazione mm.....		0,250	0,52	0,93
Deform. verticale mm....		0,320	0,87	1,20
Deformazione orizzontale mm....		1,020	2,030	3,410

PROVA DI TAGLIO DIRETTO
Rapido non drenato UU

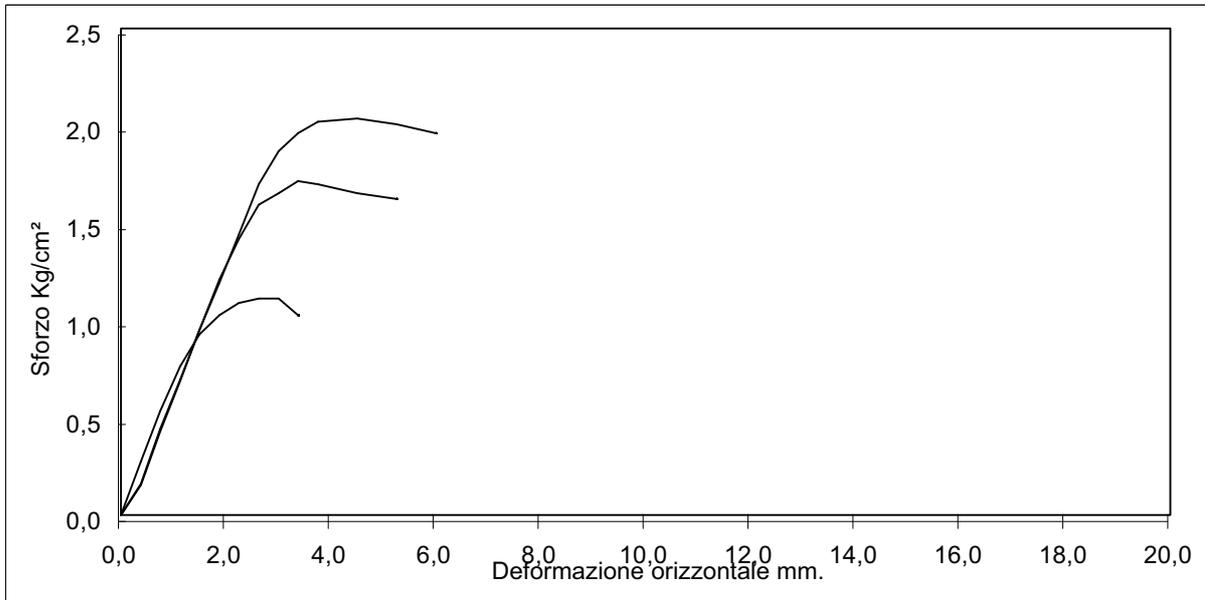
Committente..... Mappogeo per Publiacqua S.P.A.
 Cantiere..... Mugello
 Sond.... Camp... 1 (S1C1) da..... 2,2-2,7
 Cert. n° : 330 del : 27/3/07 Pagina : 1/2



Provino 1	Def. orizz.	Sforzo	Provino 2	Def. orizz.	Sforzo	Provino 3	Def. orizz.	Sforzo
	mm.	Kg/cm²		mm.	Kg/cm²		mm.	Kg/cm²
	0	0		0	0		0	0
	0,375	0,276		0,375	0,153		0,375	0,161
	0,750	0,536		0,750	0,429		0,750	0,444
	1,125	0,766		1,125	0,689		1,125	0,697
	1,500	0,927		1,500	0,950		1,500	0,950
	1,875	1,027		1,875	1,210		1,875	1,195
	2,250	1,088		2,250	1,417		2,250	1,440
	2,625	1,111		2,625	1,593		2,625	1,701
	3,000	1,111		3,000	1,655		3,000	1,869
	3,375	1,027		3,375	1,716		3,375	1,961
				3,750	1,701		3,750	2,022
				4,500	1,655		4,500	2,038
				5,250	1,624		5,250	2,007
							6,000	1,961

PROVA DI TAGLIO DIRETTO
Rapido non drenato UU

Committente..... Mappogeo per Publicqua S.P.A.
 Cantiere..... Mugello
 Sond..... Camp... 1 (S1C1) da..... 2,2-2,7
Cert. n° : 330 del : **27/3/07** Pagina : **2/2**



		PROVINO n. 1		PROVINO n. 2		PROVINO n. 3	
Velocità mm/min.	1,500	Iniziale	Finale	Iniziale	Finale	Iniziale	Finale
Altezza (mm)		20		20		20	
Diametro (mm)		63		63		63	
Volume (cm ³)		63,34		63,34		63,34	
γ umido (g/cm ³)		1,718		1,718		1,665	
γ secco (g/cm ³)		1,163		1,163		1,126	
Umidità (%)		47,8		47,8		47,8	

PARAMETRI A ROTTURA

		1	2	3
Pressione verticale Kg/cm ²				
Sforzo a rottura Kg/cm ²		1,111	1,716	2,038
Deform. verticale consolidazione mm.....				
Deform. verticale mm....				
Deformazione orizzontale mm....		2,625	3,375	4,500

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

Committente..... Mappogeo per Publicacqua S.P.A.
 Cantiere..... Mugello
 Sond.... Camp... 1 (S1C1) da..... 2,2-2,7
Cert. n° : 331 del : 27/3/07 Pagina : 1/3

Umidità iniziale %	47,8
γ gr/cm ³	1,722
Peso specifico gr/cm ³	2,650
Indice dei vuoti e	1,274

Caratteristiche provino edometrico

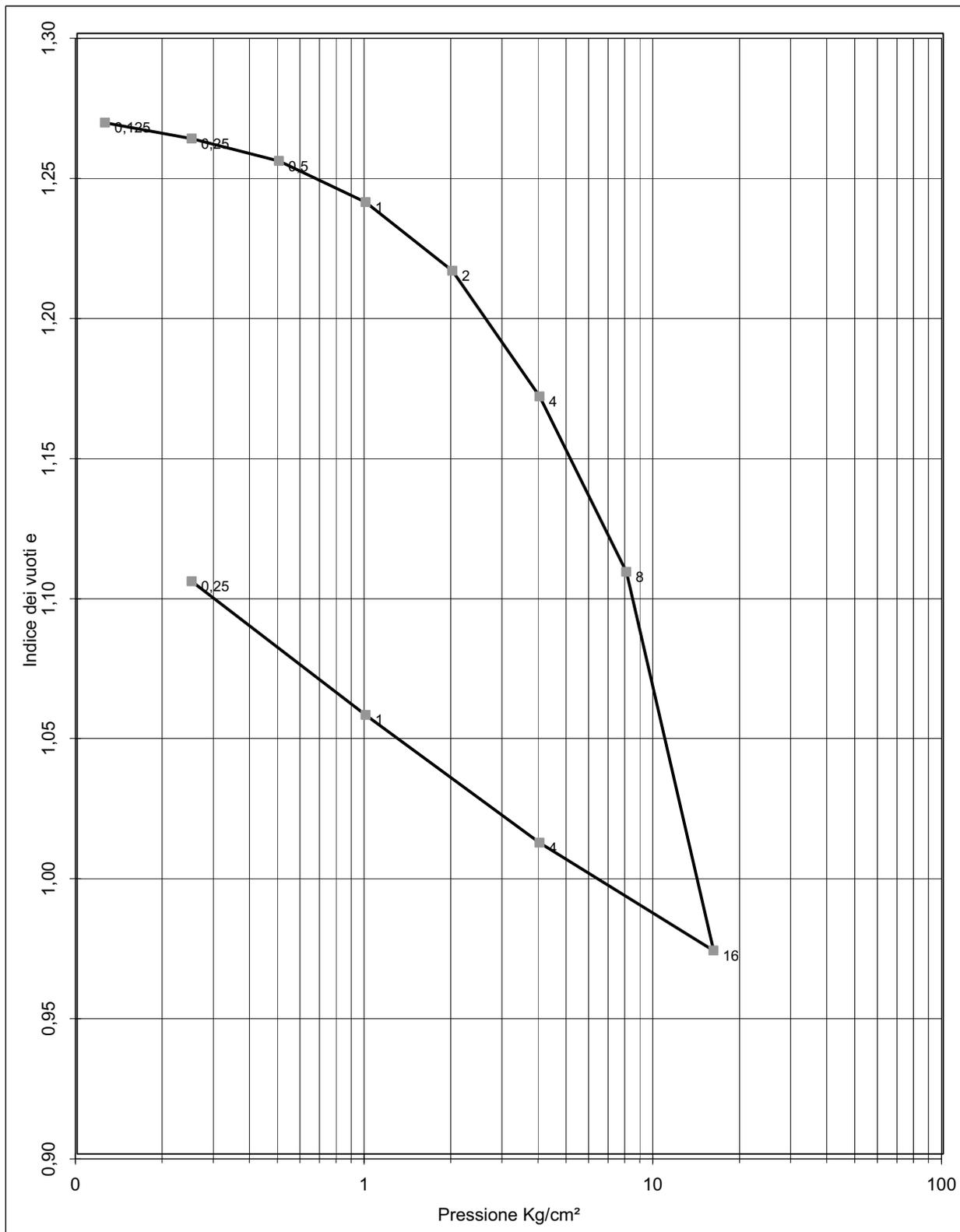
Altezza finale mm	1,851
Peso di volume iniziale gr/cm ³ .	1,751
Peso di volume finale gr/cm ³ ...	1,517
Umidità finale %	47,2
Peso di Volume secco gr/cm ³ ...	1,185
Intervalli di carico h =	24

Press.	e	H	A	Def.	Av	E
Kg/cm ²		mm.	mm.	%	Kg/cm ²	Kg/cm ²
0,125	1,268	0,05	19,95	0,25	0,000	
0,25	1,262	0,1	19,90	0,50	0,045	50
0,5	1,254	0,17	19,83	0,85	0,032	71
1	1,240	0,3	19,70	1,50	0,030	77
2	1,215	0,515	19,49	2,58	0,024	93
4	1,170	0,91	19,09	4,55	0,022	101
8	1,108	1,46	18,54	7,30	0,016	145
16	0,972	2,65	17,35	13,25	0,017	134
4	1,011	2,31	17,69	11,55	0,003	
1	1,057	1,91	18,09	9,55	0,015	
0,25	1,104	1,49	18,51	7,45	0,064	

Indice di compressibilità Cc =	0,449
Indice di rigonfiamento Cs =	
Pressione di rigonfiamento kg/cm ² =	

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

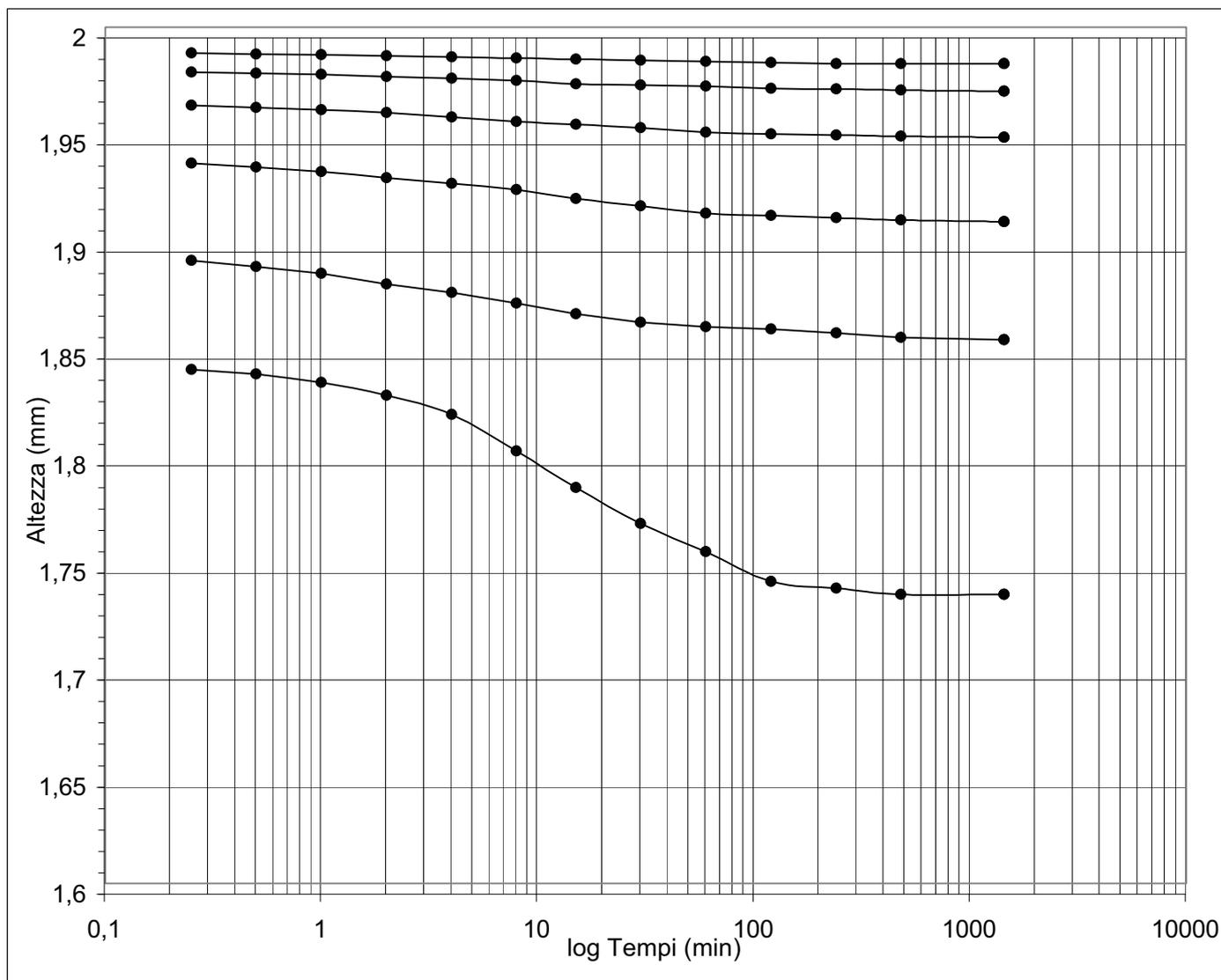
Committente..... Mappogeo per Publiacqua S.P.A.
Cantiere..... Mugello
Sond.... Camp... 1 (S1C1) da..... 2,2-2,7
Cert. n° : 331 del : 27/3/07 Pagina : 2/3



PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

Committente..... Mappogeo per Publicqua S.P.A.
 Cantiere..... Mugello
 Sond.... Camp... 1 (S1C1) da..... 2,2-2,7
Cert. n° : 331 del : 27/3/07 Pagina : 3/3

INTERVALLO	cv	k	mv	C α
	cm ² /sec	cm/sec	cm ² /Kg	
0.25-0.5	6,5E-04	9,1E-09	0,0140	
0.5-1.0	5,5E-04	7,1E-09	0,0130	
1.0-2.0	6,1E-04	6,5E-09	0,0108	
2.0-4.0	5,0E-04	4,9E-09	0,0099	
4.0-8.0	6,1E-04	4,2E-09	0,0069	
8.0-16.0	2,4E-04	1,8E-09	0,0074	
16,0-32,0				



Committente : Mappogeo per Publiacqua
 Cantiere : Mugello
 Sond. : Camp. : 4 (S2C2) da.....m.: 4,0-4,5
 Tipo di campione : Indisturbato Lunghezza (cm.) = 47
Rapporto prova n° : 43 del : 26/3/07

Descrizione campione :
 Argilla grigia di media consistenza

Tipo di campione : **Indisturbato** in : **Fustella**
 Lunghezza (cm.) = **47**

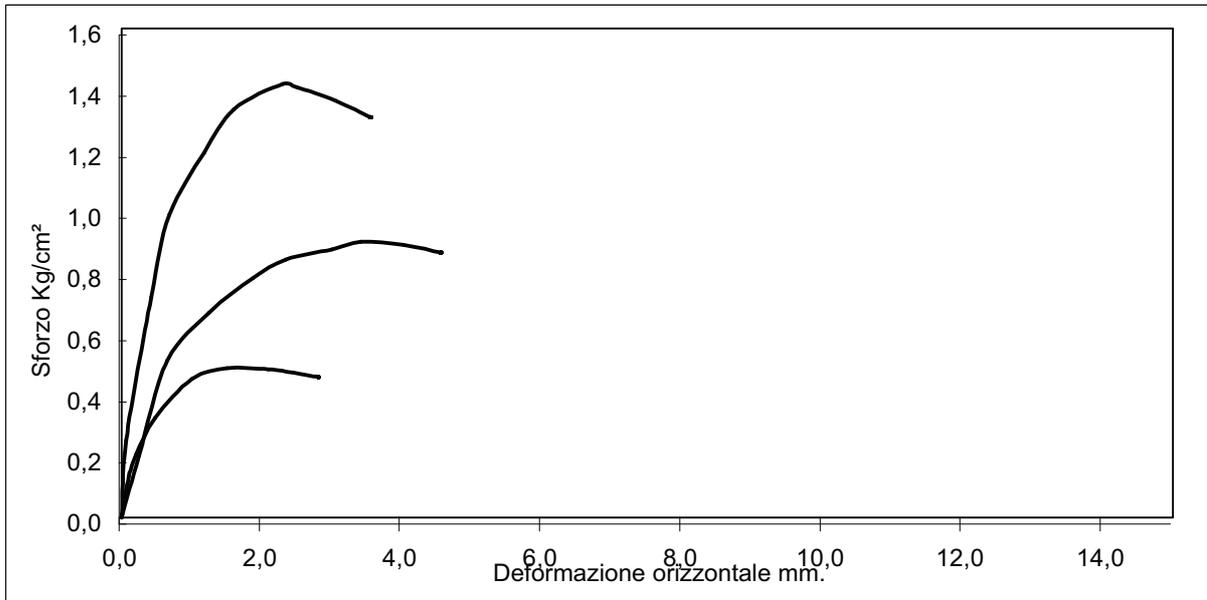


Pocket penetrometer (Kg/cm²) = **1,4** (kPa) **137,3**
 Vane test (kg/cm²) **0,104** (kPa) **10,2**

Caratteristiche fisiche del campione				kN/m ³		Limiti di Atterberg	
Peso di volume g (gr/cm ³) =		1,784		17,5		Class. Casagrande =	
Umidità naturale w (%) =		44,5				Limite Liquido WL % =	
Peso Specifico Gs (gr/cm ³) =		2,650		26,0		Limite Plastico WP % =	
Densità secca Gd (gr/cm ³) =		1,235		12,1		Indice di Plasticità IP =	
Indice dei vuoti e =		1,147				Indice di Consistenza I _c =	
Saturazione (%) =		103				Limite Ritiro WR % =	
Porosità n (%) =		53					
Analisi Granulometrica				Taglio Diretto CD		Taglio Diretto UU	
% ghiaia	% sabbia	% limo	% argilla	φ' (°)	c' (kg/cm ²)	φ (°)	cu (kg/cm ²)
				25	0,01	8	0,68
					kPa		kPa
					0,6		66,6
				Parametri residui			
				φ' (°)	c' (kg/cm ²)		
					kPa		
Prova di compressione edometrica				Prove eseguite sul campione			
Indice compressibilità C _c = 0,469							
PRESS. kg/cm ²	cv cm ² /sec	k cm/sec	E kg/cm ²	E kPa		umidità naturale w	X
0.25-0.5	3,3E-04	5,4E-09	62	6129		peso volume γ	X
0.5-1.0	8,0E-04	1,3E-08	61	5943		peso specifico G _s	X
1.0-2.0	7,2E-04	1,1E-08	65	6327		limiti Atterberg LA	-
2.0-4.0	4,4E-04	6,1E-09	71	6943		granulometria Gr	-
4.0-8.0	4,7E-04	5,4E-09	87	8574		taglio diretto TD	X
8.0-16.0	4,7E-04	3,9E-09	122	11932		compressione ELL	-
16.0-32,0						edometria ED	X
						permeabilità Pr	-
						proctor PT	-
						riassiale TX	-
Indice di ricompressione							
Indice di rigonfiamento							

PROVA DI TAGLIO DIRETTO
Consolidato drenato CD

Committente..... Mappogeo per Publiacqua
 Cantiere..... Mugello
 Sond..... Camp... 4 (S2C2) da..... 4,0-4,5
 Cert. n° : 332 del : 26/3/07 Pagina : 2/2



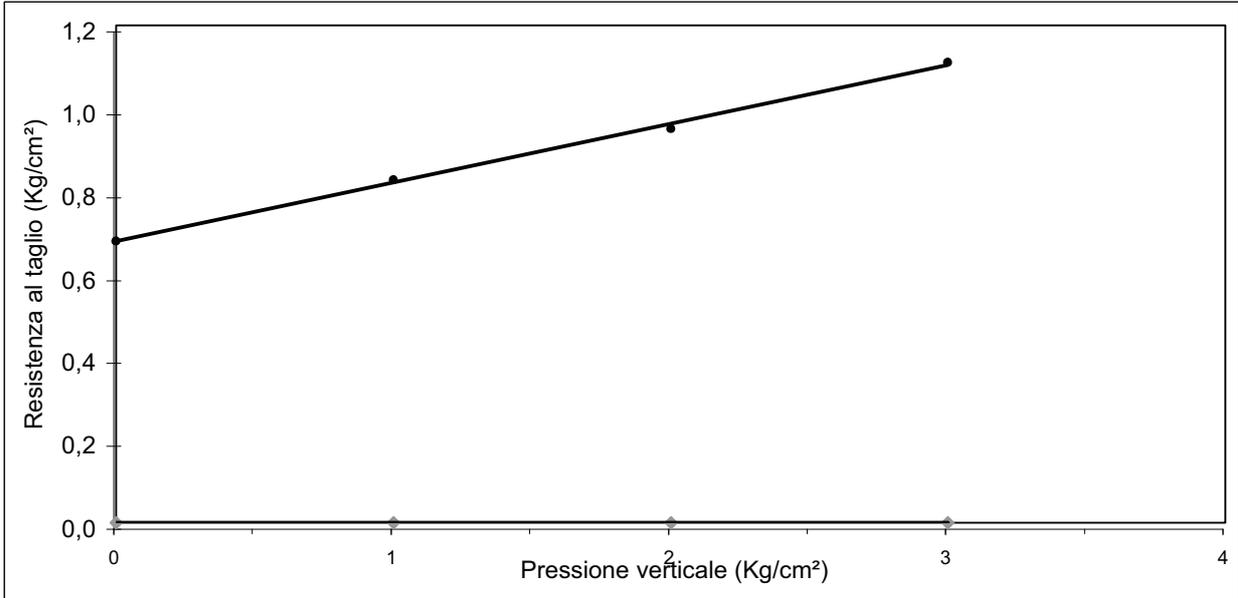
		PROVINO n. 1		PROVINO n. 2		PROVINO n. 3	
Velocità mm/min.	0,010	Iniziale	Finale	Iniziale	Finale	Iniziale	Finale
Altezza (mm)		20	18,56	20	17,70	20	16,40
Lato (mm)		60		60		60	
Volume (cm ³)		63,34	52,48	63,34	39,87	63,34	46,37
γ umido (g/cm ³)		1,763	1,056	1,756	1,308	1,815	1,153
γ secco (g/cm ³)		1,351	0,705	1,346	0,911	1,391	0,843
Umidità (%)		30,5	49,7	30,5	43,7	30,5	36,8

PARAMETRI A ROTTURA

Pressione verticale Kg/cm ²		1		2		3
Sforzo a rottura Kg/cm ²		0,489		0,902		1,419
Deform. verticale consolidazione mm.....		1,360		2,33		3,55
Deform. verticale mm....		1,440		2,30		3,60
Deformazione orizzontale mm....		1,510		3,420		2,300

PROVA DI TAGLIO DIRETTO
Rapido non drenato UU

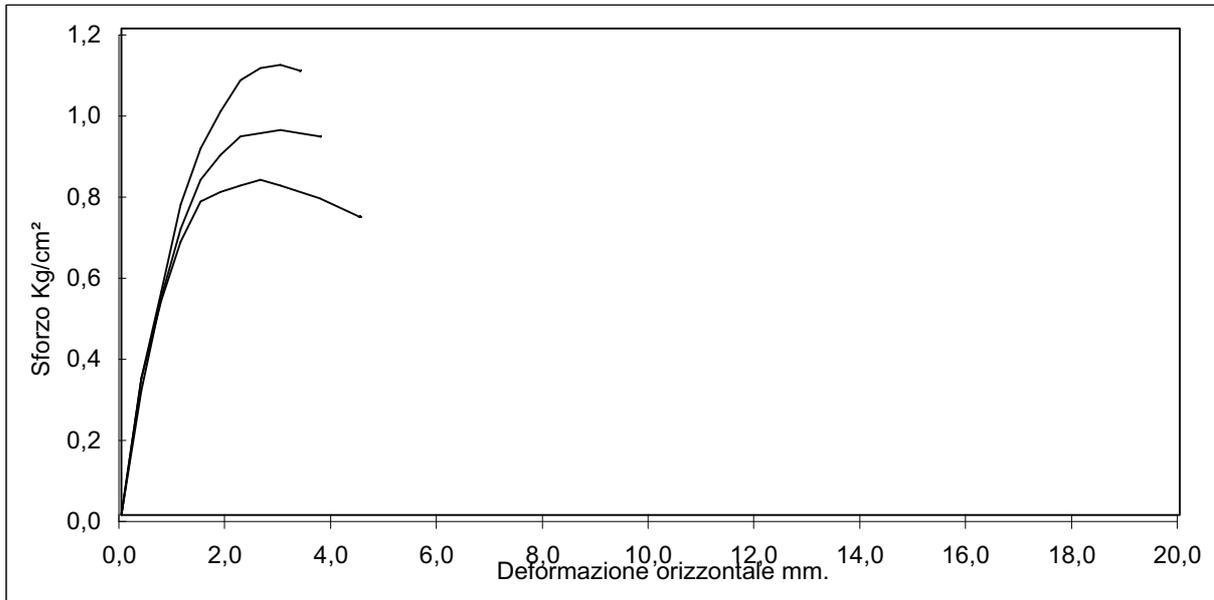
Committente..... Mappogeo per Publiacqua
 Cantiere..... Mugello
 Sond.... Camp... 4 (S2C2) da..... 4,0-4,5
Cert. n° : 332 del : 26/3/07 Pagina : 1/2



Provino 1	Def. orizz.	Sforzo	Provino 2	Def. orizz.	Sforzo	Provino 3	Def. orizz.	Sforzo
	mm.	Kg/cm²		mm.	Kg/cm²		mm.	Kg/cm²
	0	0		0	0		0	0
	0,375	0,337		0,375	0,306		0,375	0,337
	0,750	0,529		0,750	0,536		0,750	0,552
	1,125	0,674		1,125	0,705		1,125	0,766
	1,500	0,774		1,500	0,827		1,500	0,904
	1,875	0,797		1,875	0,889		1,875	0,996
	2,250	0,812		2,250	0,935		2,250	1,073
	2,625	0,827		2,625	0,942		2,625	1,103
	3,000	0,812		3,000	0,950		3,000	1,111
	3,750	0,781		3,375	0,942		3,375	1,095
	4,500	0,735		3,750	0,935			

PROVA DI TAGLIO DIRETTO
Rapido non drenato UU

Committente..... Mappogeo per Publicacqua
 Cantiere..... Mugello
 Sond..... Camp... 4 (S2C2) da..... 4,0-4,5
Cert. n° : 332 del : **26/3/07** Pagina : **2/2**



Velocità mm/min.	1,500	PROVINO n. 1		PROVINO n. 2		PROVINO n. 3	
		Iniziale	Finale	Iniziale	Finale	Iniziale	Finale
Altezza (mm)		20		20		20	
Diametro (mm)		63		63		63	
Volume (cm ³)		63,34		63,34		63,34	
γ umido (g/cm ³)		1,849		1,849		1,820	
γ secco (g/cm ³)		1,280		1,280		1,259	
Umidità (%)		44,5		44,5		44,5	

PARAMETRI A ROTTURA

Pressione verticale Kg/cm ²	1	2	3
Sforzo a rottura Kg/cm ²	0,827	0,950	1,111
Deform. verticale consolidazione mm.....			
Deform. verticale mm....			
Deformazione orizzontale mm....	2,625	3,000	3,000

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

Committente..... Mappogeo per Publiacqua
 Cantiere..... Mugello
 Sond.... Camp... 4 (S2C2) da..... 4,0-4,5
Cert. n° : 333 del : 26/3/07 Pagina : 1/3

Umidità iniziale %	44,5
γ gr/cm ³	1,784
Peso specifico gr/cm ³	2,650
Indice dei vuoti e	1,147

Caratteristiche provino edometrico

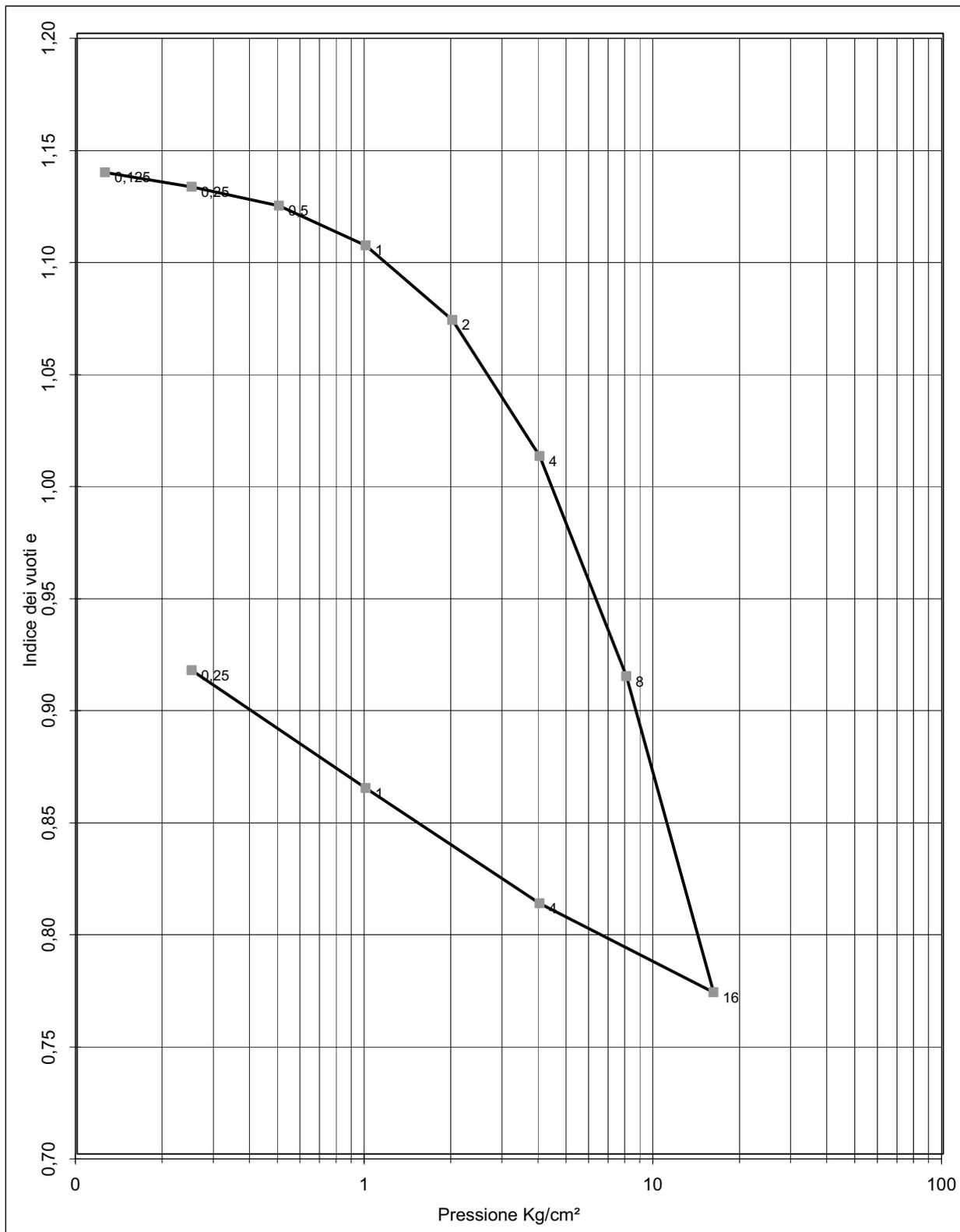
Altezza finale mm	1,785
Peso di volume iniziale gr/cm ³ .	1,744
Peso di volume finale gr/cm ³ ...	1,572
Umidità finale %	43,6
Peso di Volume secco gr/cm ³ ...	1,207
Intervalli di carico h =	24

Press.	e	H	A	Def.	Av	E
Kg/cm ²		mm.	mm.	%	Kg/cm ²	Kg/cm ²
0,125	1,138	0,08	19,92	0,40	0,000	
0,25	1,132	0,14	19,86	0,70	0,052	42
0,5	1,123	0,22	19,78	1,10	0,034	62
1	1,105	0,385	19,62	1,93	0,035	61
2	1,072	0,695	19,31	3,48	0,033	65
4	1,011	1,26	18,74	6,30	0,030	71
8	0,913	2,175	17,83	10,88	0,025	87
16	0,772	3,49	16,51	17,45	0,018	122
4	0,812	3,12	16,88	15,60	0,003	
1	0,863	2,64	17,36	13,20	0,017	
0,25	0,916	2,15	17,85	10,75	0,070	

Indice di compressibilità Cc =	0,469
Indice di rigonfiamento Cs =	
Pressione di rigonfiamento kg/cm ² =	

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

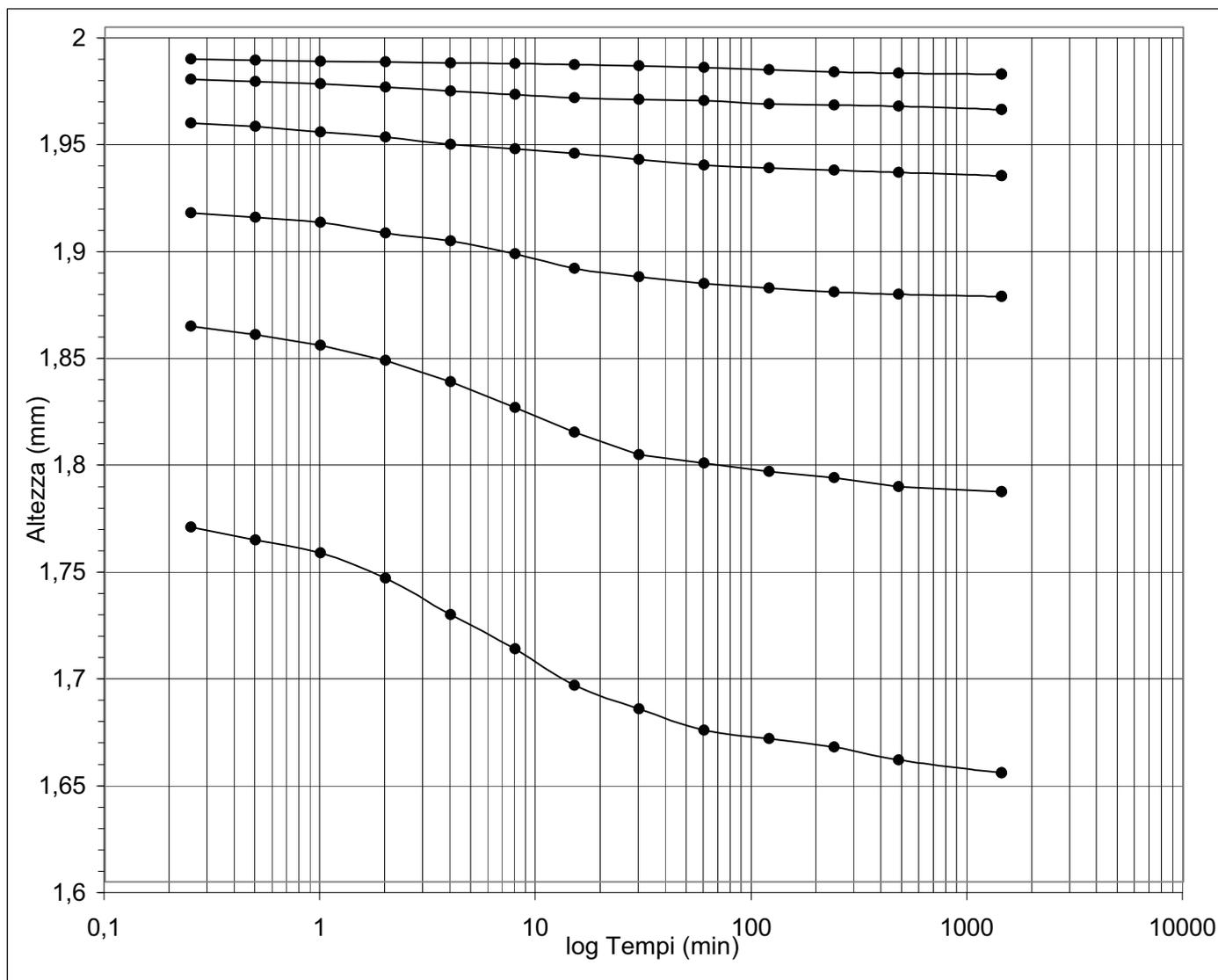
Committente..... Mappogeo per Publiacqua
Cantiere..... Mugello
Sond.... Camp... 4 (S2C2) da..... 4,0-4,5
Cert. n° : 333 del : 26/3/07 Pagina : 2/3



PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

Committente..... Mappogeo per Publicacqua
 Cantiere..... Mugello
 Sond..... Camp... 4 (S2C2) da..... 4,0-4,5
Cert. n° : 333 del : 26/3/07 Pagina : 3/3

INTERVALLO	cv	k	mv	C α
	cm ² /sec	cm/sec	cm ² /Kg	
0.25-0.5	3,3E-04	5,4E-09	0,0160	
0.5-1.0	8,0E-04	1,3E-08	0,0165	
1.0-2.0	7,2E-04	1,1E-08	0,0155	
2.0-4.0	4,4E-04	6,1E-09	0,0141	
4.0-8.0	4,7E-04	5,4E-09	0,0114	
8.0-16.0	4,7E-04	3,9E-09	0,0082	
16,0-32,0				



INDAGINI A DISPOSIZIONE

COMUNE DI SCARPERIA
PROVINCIA DI FIRENZE

REGIONE TOSCANA
UFFICIO DEL CANTO CIVILE
DI FIRENZE
01 AGO, 2010
L.R. 1/05 SISMICA

TITOLO:

PROSPEZIONI DI SISMICA IN FORO TIPO - DOWN HOLE
(ONDE P-SH) - CALCOLO VS30 - D.M. 14/01/2008
A SUPPORTO DEL PROGETTO DI REALIZZAZIONE DELLA NUOVA TRIBUNA
ALL'INTERNO DEL MUGELLO CIRCUIT - SCARPERIA (FI)

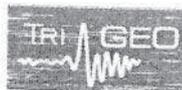
COMMITTENTE:

MUGELLO CIRCUIT



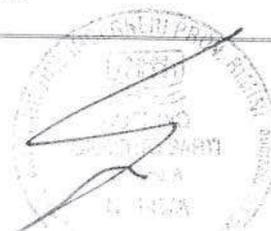
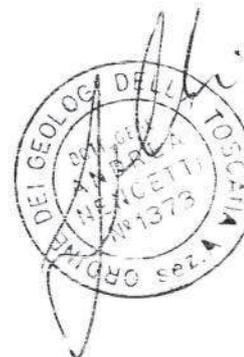
OGGETTO:

RELAZIONE TECNICA



DATA:
20 Luglio 2010

TRIGEO S.N.C.
VIA MAZZINI, 18 - 52011 SOCI (AR)
VIA BOLOGNESE, 289 - 50139 LA LASTRA - FIRENZE
TEL/FAX 0575 294500 - CELL. 3392288117
TEL/FAX 055 9062212 - CELL. 3287213928
P.IVA 02024110518
E-MAIL: info@trigeo.it - www.trigeo.it



P.P.V.



Impresa Siciliana (R.F.I.) con Direzione Nazionale
 Progetti Speciali C.S. del 20/11/2010 n. 108/10
 all'Ingegnere Maurizio Cucchi - Scarperia (FI)

Luglio 2010

Comune di Scarperia (FI)

Pag. 1 di 14

INDICE

INTRODUZIONE..... 2

1.0 PRESENTAZIONE ELABORATI..... 3

2.0 STRUMENTAZIONE IMPIEGATA E SCHEMA OPERATIVO..... 4

3.0 ANALISI DEGLI ELABORATI 8

4.0 ANALISI DEI RISULTATI DELL'INDAGINE EFFETTUATA 8

ALLEGATI 10

INTRODUZIONE

Il presente lavoro viene svolto per incarico della committenza – **MUGELLO CIRCUIT**, e riguarda l'indagine mediante prospezione sismica verticale in foro, "**DOWN HOLE**". L'indagine è stata eseguita con lo scopo di fornire la caratterizzazione dei suoli di fondazione all'interno dell'area dove è prevista la realizzazione della nuova tribuna a servizio dell'**AUTODROMO DEL MUGELLO – SCARPERIA (FI)**.



Figura 1: Particolare della fase di acquisizione dati della prova Down Hole, Mugello Circuit – Scarperia (FI).

L'indagine Down-Hole, eseguita nel mese di Luglio 2010, sotto la supervisione del tecnico incaricato **DOCT. GEOL. ANDREA PINI**, ha come obiettivo, quello di determinare il profilo verticale di velocità delle onde di taglio, ai fini della classificazione del sottosuolo secondo le Nuove Norme Tecniche 2008.

L'impiego combinato delle onde di compressione e quelle di taglio consente di caratterizzare dinamicamente, tramite il calcolo delle velocità di propagazione delle onde compressionali (P) e di Taglio (SH), le litologie presenti nell'area d'indagine e determinarne la geometria (spessori e superfici

di contatto) nel sottosuolo. L'impiego dei valori di velocità delle onde di taglio SH consente di ottenere i parametri di velocità delle onde di taglio mediate sui primi 30 m (cosiddette VS30), come richiesto dal nuovo D.M. 14/01/2008 "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni" che definisce cinque tipologie di suoli in funzione del valore di VS30 (Fig.2):

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{sPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{v,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{sPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{v,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{sPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{v,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s)</i>
S1	<i>Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{v,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.</i>
S2	<i>Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.</i>

Figura 2: Definizione categoria suolo di fondazione in funzione della Vs30.

Di seguito viene descritto, lo schema operativo e le operazioni di campagna, le strumentazioni e le modalità di analisi dei dati, congiuntamente all'interpretazione scaturita dai dati elaborati.

1.0 PRESENTAZIONE ELABORATI

La relazione tecnica riferisce sui risultati ottenuti dall'indagine sismica verticale in pozzo (tecnica "DOWN-HOLE") ed è corredata dalle seguenti documentazioni che ne costituiscono parte integrante:

- Planimetria dell'area indagata con l'ubicazione del sondaggio eseguito, scala 1:1.000, **Tavola 01**;
- tabelle con i tempi d'arrivo (onde P - Tabella 1 ed SH - Tabella 2) originali e corretti in funzione della profondità di misura;
- i segnali registrati dai ricevitori ed i corrispondenti segnali di trigger, specificando per ciascuno di essi la profondità di prova, la direzione relativa e assoluta dei trasduttori dei ricevitori e il ricevitore d'appartenenza; i segnali sono disponibili in forma digitale su supporto CD; in alternativa alla stampa di tutti i sismogrammi relativi alle diverse profondità di misura viene allegata la stampa delle tracce assemblate attraverso apposito software di elaborazione geofisica, **Visual Sunt_6.6.8** (GeoSoft);
- diagramma delle dromocrone ricavate, dove sull'asse delle ascisse è riportato il tempo di arrivo corretto (in s) e sull'asse delle ordinate la profondità di misura in funzione della profondità (in m), con indicazione dei segmenti interpolanti i punti di misura, dalla cui pendenza si ricava la velocità di propagazione;
- un diagramma ad istogrammi in cui vanno riportate le velocità calcolate (in m/s) in funzione della profondità (in m);

2.0 STRUMENTAZIONE IMPIEGATA E SCHEMA OPERATIVO

Il principio dell'analisi sismica è basato sul calcolo del tempo che impiega un'onda sismica ad attraversare differenti strati del sottosuolo; la velocità con cui la deformazione prodotta artificialmente si propaga nei terreni è funzione delle caratteristiche elastiche dei terreni stessi e pertanto la possibilità di determinare dette velocità con grande dettaglio permette di assegnare caratteri ragionevolmente realistici ai terreni da investigare e di seguirne l'andamento in profondità.

Un sistema digitale di acquisizione dati in sismica, è costituito sostanzialmente da sismometri (geofoni o accelerometri), amplificatori, filtri, convertitori A/D e supporti per la memorizzazione dei dati digitali.

Nel nostro caso è stato utilizzato un sismografo PASI mod. 16S24 a 24 canali, dotato di filtri analogici e digitali, *notch filter* a 50 Hz ed *Automatic Gain Control*, con risoluzione di acquisizione pari a 24 bit con sovracampionamento e post-processing, 4 contatori indipendenti, base dei tempi 20 Mhz,

accuratezza $\pm 0.01\%$, trattamento dei dati come Floating Point 32 bit, processore Pentium Intel, ambiente operativo Windows ed un Hard Disk da 10 Gb dove vengono immagazzinati i dati acquisiti, i dati sono quindi visualizzati sul display VGA a colori in LCD-IFT 10.4". le registrazioni vengono gestite dal PC interno ed in seguito trasferite mediante RS232 ad altri PC per le successive elaborazioni.

Per quel che riguarda i sensori, sono due geofoni da pozzo, con frequenza caratteristica di 10 Hz, 70 % di smorzamento. che registrano le tre componenti del moto, due orizzontali, ortogonali fra loro ed una verticale; questi tipi di geofoni hanno come caratteristica peculiare, di essere rigidamente collegati tra loro ad una distanza di **1.0 m** da una barra in p.v.c. e di essere dotati di un sistema pneumatico di anco-raggio alle pareti del pozzo stesso, caratteristica che permette di spostarli e quindi fissarli alla profondità voluta, inoltre l'orientazione assoluta del sistema è regolata tramite una batteria di aste. Il cavo di connessione tra geofoni e sismografo è uno standard NK-27-21C.

La generazione di onde P è avvenuta mediante una massa battente (nel caso specifico una mazza da 8 kg) ad impatto verticale, mentre per quel che riguarda la produzione di onde SH si utilizza generalmente una trave di circa 2.00 m di lunghezza. La Trave è resa solidale al terreno mediante l'applicazione di un carico (rappresentato nel nostro caso dalla stessa autovettura). La tavola viene colpita lateralmente dalla massa battente, in modo da generare onde di taglio SH ad elevata energia, inoltre per facilitare la genesi di onde di taglio è stato disposto sotto la trave uno strato sottile di materiale a granulometria fine. Per poter riconoscere in maniera inequivocabile sui sismogrammi le onde di taglio SH, che non costituiscono mai la prima fase, sono state effettuate energizzazioni ai due estremi della tavola, in modo da generare treni d'onda identici, ma in opposizione di fase. Ogni energizzazione viene quindi memorizzata su supporto magnetico sia singolarmente che, invertendo la fase, come somma.

La tecnica di prospezione sismica "Down-Hole" prevede la misura dei tempi di propagazione delle onde di compressione P e di taglio SH tra il punto di energizzazione, posto in superficie ed i punti di ricezione nel foro di sondaggio (Fig.3).

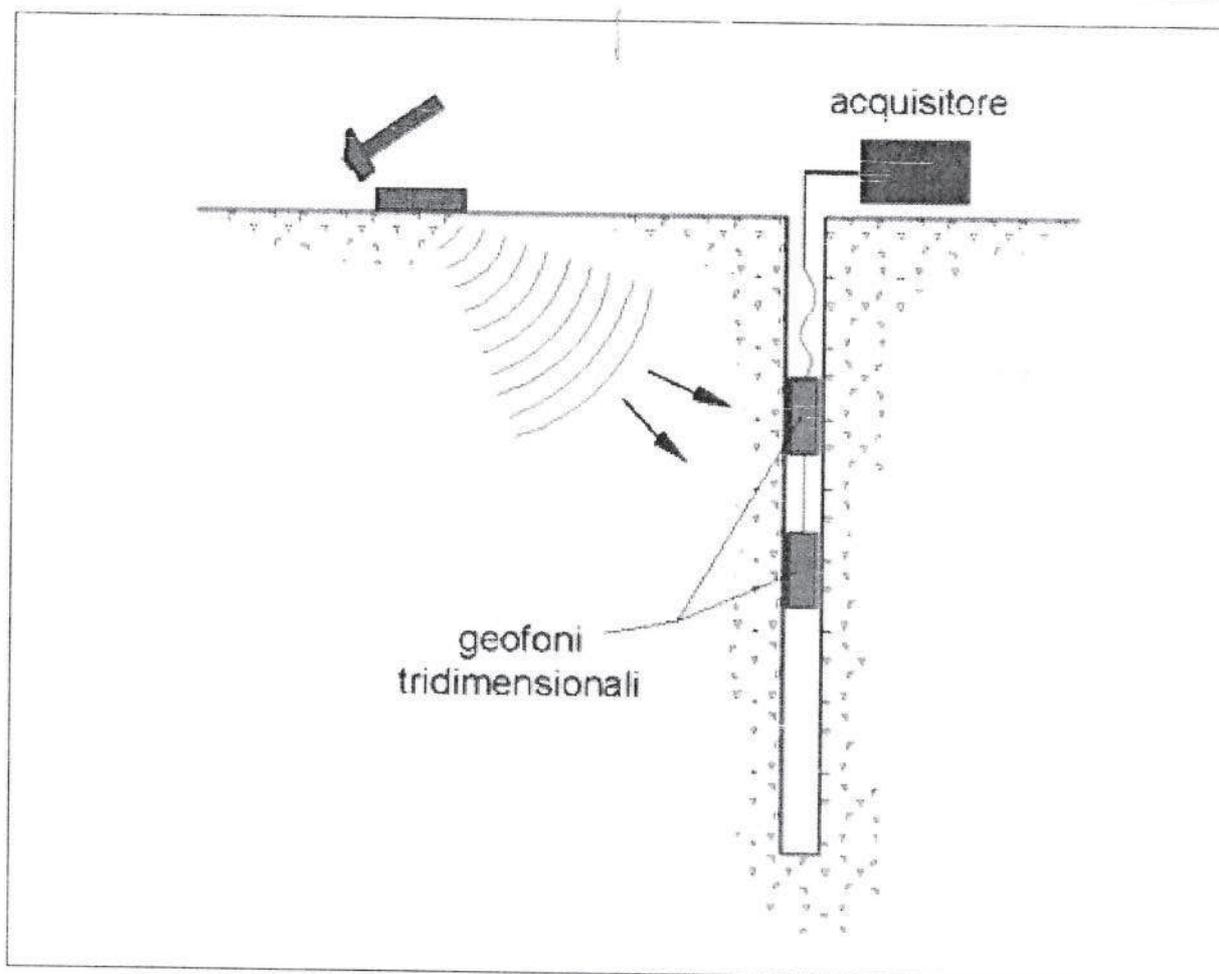


Figura 3: Schema Down-Hole a due ricevitori.

Per quanto riguarda il rilievo, dopo alcune misure test è stata determinata l'orientazione più efficace del sistema per massimizzare l'ampiezza di ricezione dei ricevitori; quindi sono state eseguite misure di controllo ogni 5 m in discesa e le misure definitive ogni metro in risalita (da 58 m sino al piano di campagna). L'intervallo di campionamento è stato fissato in 0.256 msec ed è stata scelta una lunghezza della registrazione pari a 1024 msec.

Oltre al consueto sistema con funzione *trigger*, posizionato nel punto di energizzazione, all'imboccatura del pozzo sono stati posti due geofoni uno per le onde P ed uno per le onde SH, di riferimento o controllo *trigger*, rimasti fissi per tutta la fase di acquisizione dati. Inoltre sono stati posizionati due ulteriori geofoni superficiali a distanza di ca. 15 m dal pozzo; tale procedura ha permesso di correggere le eventuali discrepanze nei tempi d'arrivo di energizzazioni relative a quote diverse.

In particolare le tracce di ciascuna registrazione si riferiscono (dall'alto verso il basso):

- **canale01:** geofono di riferimento trasduttore verticale - controllo trigger
- **canale02:** geofono di riferimento trasduttore orizzontale - controllo trigger
- **canale03:** geofono di riferimento trasduttore verticale - controllo trigger - bocca pozzo
- **canale04:** geofono di riferimento trasduttore orizzontale - controllo trigger - bocca pozzo
- **canale05:** secondo geofono – trasduttore verticale (z)
- **canale06:** secondo geofono – trasduttore orizzontale (x)
- **canale07:** secondo geofono – trasduttore orizzontale (y)
- **canale08:** primo geofono – trasduttore verticale (z)
- **canale09:** primo geofono – trasduttore orizzontale (x)
- **canale10:** primo geofono – trasduttore orizzontale (y)

dove per primo geofono si intende quello più vicino alla superficie del terreno e per secondo quello posto un metro più in basso. Nel “Processing data” è stato individuato direttamente su ciascuna traccia il tempo del primo arrivo.

Mediante un'applicazione su foglio elettronico Excel, riportato negli allegati, i tempi letti sono stati corretti in funzione dello scarto di trigger ed in funzione della geometria del sistema (posizione della sorgente rispetto al foro ed alla profondità di acquisizione) attraverso la formula:

$$t^* = \frac{z}{d} \cdot t = \frac{z}{\sqrt{z^2 + R^2}} \cdot t$$

indicata con z la profondità del ricevitore, con d la distanza effettiva tra sorgente e ricevitore e con R la distanza superficiale tra sorgente e centro del foro, con t il tempo determinato dalle tracce di registrazione e con t* il tempo corretto.

Nei tabulati di Excel le profondità di misura sono riferite al primo (e più alto in quota) dei due geofoni tridimensionali: pertanto i tempi di arrivo utilizzati nella costruzione del diagramma tempi/profondità, relativi al metro zero sono quelli registrati dal primo geofono, mentre i tempi di arrivo relativi all'ultimo m sono quelli registrati dal secondo geofono posizionato un metro più basso rispetto al primo.

Per il calcolo delle velocità delle onde sismiche (onde P ed onde SH) dei vari strati si è proceduto utilizzando la funzione di regressione lineare relativa a ciascuno degli intervalli rettilinei del diagramma tempi di arrivo-profondità.

3.0 ANALISI DEGLI ELABORATI

Nelle tabelle 1 e 2 sono rappresentati i tempi d'arrivo (onde P ed SH) originali e corretti in funzione della profondità di misura ed i tempi medi (poi rappresentati nei grafici 1-2).

Nel Grafico 1, sono rappresentate le Dromocrone sia delle onde compressionali P che di quelle di taglio SH; in ascisse si hanno i tempi di percorrenza misurati in m/sec ed in ordinate le corrispondenti profondità in metri da bocca pozzo. Nel Grafico 2, sono invece rappresentate le velocità V_p calcolate per le onde di compressione o primae e le velocità V_{SH} calcolate per le onde di taglio o secundae, sottoforma di istogrammi cumulativi; anche in questo caso, in ordinate, si hanno le profondità in metri da bocca pozzo mentre in ascisse i corrispondenti valori di velocità in m/s. Nel diagramma sono riportate le velocità calcolate per ogni intervallo.

4.0 ANALISI DEI RISULTATI DELL'INDAGINE EFFETTUATA

DH - SONDAGGIO

Geometria del sistema di acquisizione:

distanza foro - sorgente onde P: m 2.00

distanza foro - sorgente onde SH: m 2.00

distanza intergeofonica: $i =$ m 1.00

Profondità in m	V_p (m/sec)	V_s (m/sec)	Coefficiente di Poisson ν
0.0-2.0	540	150	0.46
2.0-7.0	1060	175	0.49
7.0-20.0	1690	240	0.49
20.0-29.0	1960	275	0.49

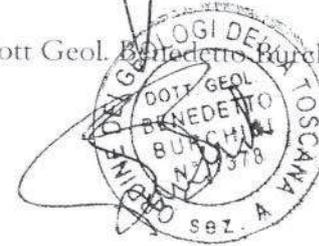
Nella Tabella sopra sono riportate le velocità (V_p - V_{sh}) calcolate per ogni intervallo ed il corrispondente coefficiente di Poisson. Dai valori di velocità in m/s ricavati dalle dromocrone dei tempi di percorso sia delle onde sismiche compressionali (P) sia delle onde di taglio (SH) (GRAFICO 1), risulta evidente un primo di livello di riporto compreso tra 0.0 e 2.0 m, oltre il quale (2.0-7.0 m, intercalazioni di limi argillosi-sabbiosi) sia le onde P che le onde SH evidenziano un crescente incremento di velocità, con valori prossimi a 1.100 m/S (onde P) ed a 175 m/s (onde SH). Nel tratto compreso tra 7.0 e 20.0 m i valori tendono a nettamente, attestandosi rispettivamente su valori prossimi a 1.700 m/s (Onde P) ed a 240 m/s (onde SH), relativi a limi argillosi e argille limose (lacustre). Nel Tratto finale (argille lacustri), compreso tra 20.0 e 29.0 m, le velocità, sia delle onde P che delle onde SH, mostrano un'ulteriore incremento, con velocità prossime rispettivamente ai 2.000 m/s ed ai 280 m/s.

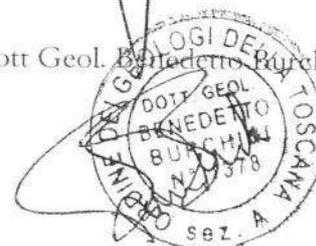
La V_{s30} calcolata, in ottemperanza al nuovo D.M. 14/01/2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni" è risultata essere pari a **226.53 m/s** relativa ad un suolo di fondazione di **Categoria C**.

Arezzo, li 20/07/2010

Dott. Geol.  Nencetti



Dott. Geol.  Burchini





INDAGINE SISMICA IN FORO TIPO DOWN HOLE A SUPPORTO DEL
PROGETTO DI REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA TRIBUNA
ALL'INTERNO DEL MUGELLO CIRCUIT - SCARPERIA (FI)

Luglio 2010

Comune di Scarperia (FI)

Pag. 10 di 14

ALLEGATI

TRIGEO SNC

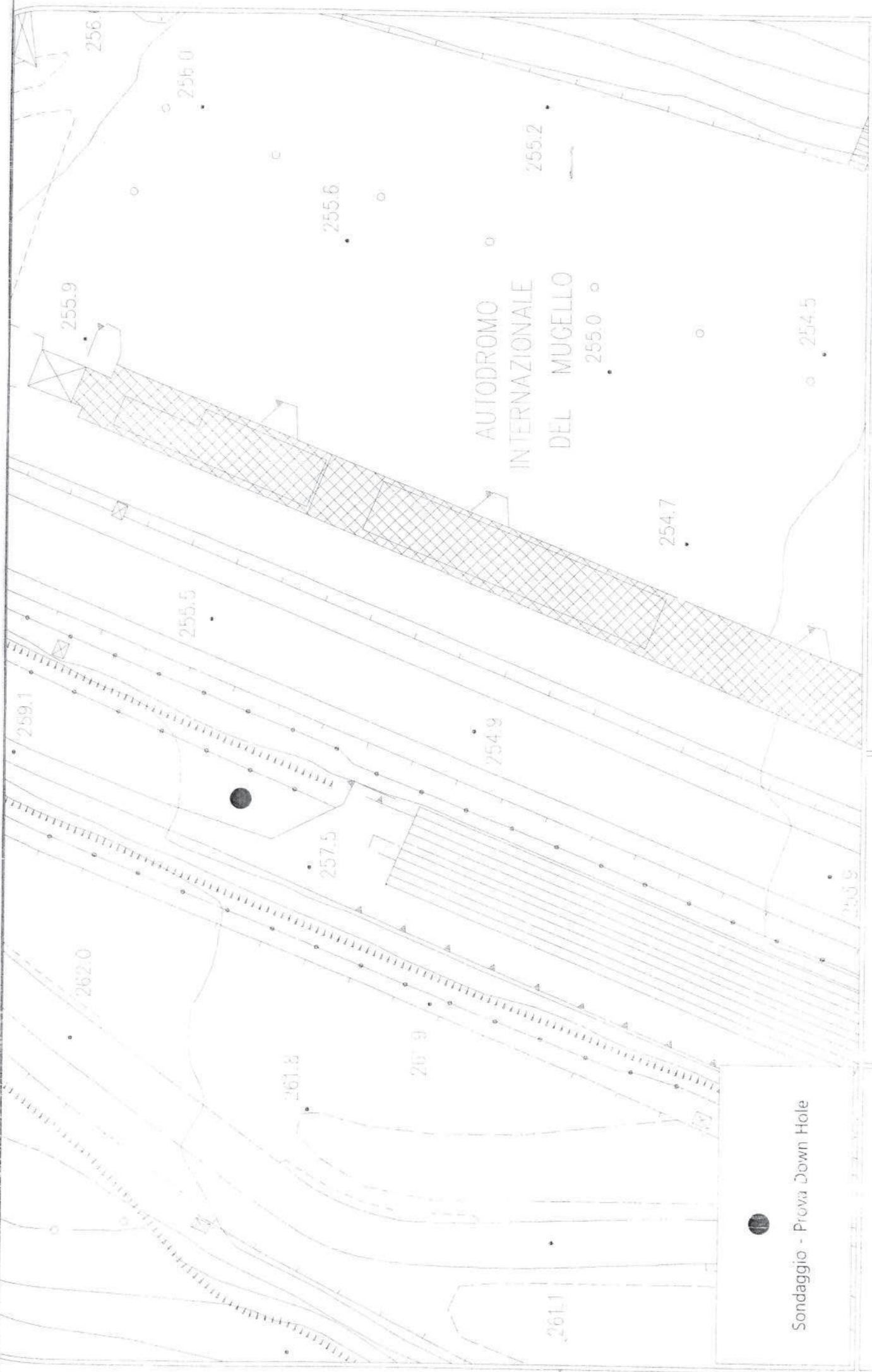
VIA MAZZINI, 18 - 52011 SOCI (AR)

TEL/FAX 0575 294500 - CELL. 3392288117 TEL/FAX 055 9062212 - CELL 32872139

www.trigeo.it

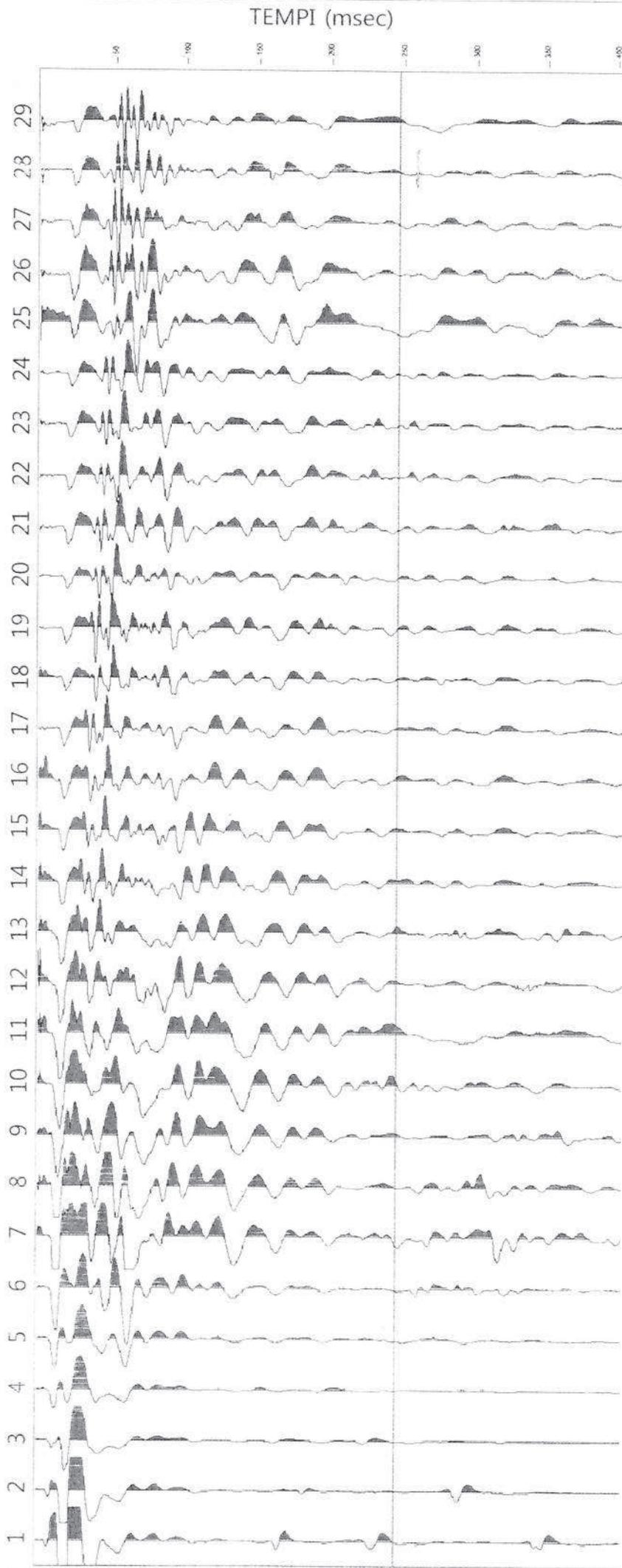
VIA BOLOGNESE 289 - 50139 LA LASTRA - FIRENZE

info@trigeo.it



Sismogrammi Onde P

Profondità in m (da p.c.)



Sismogrammi Onde SH

Profondità in m (da p.c.)

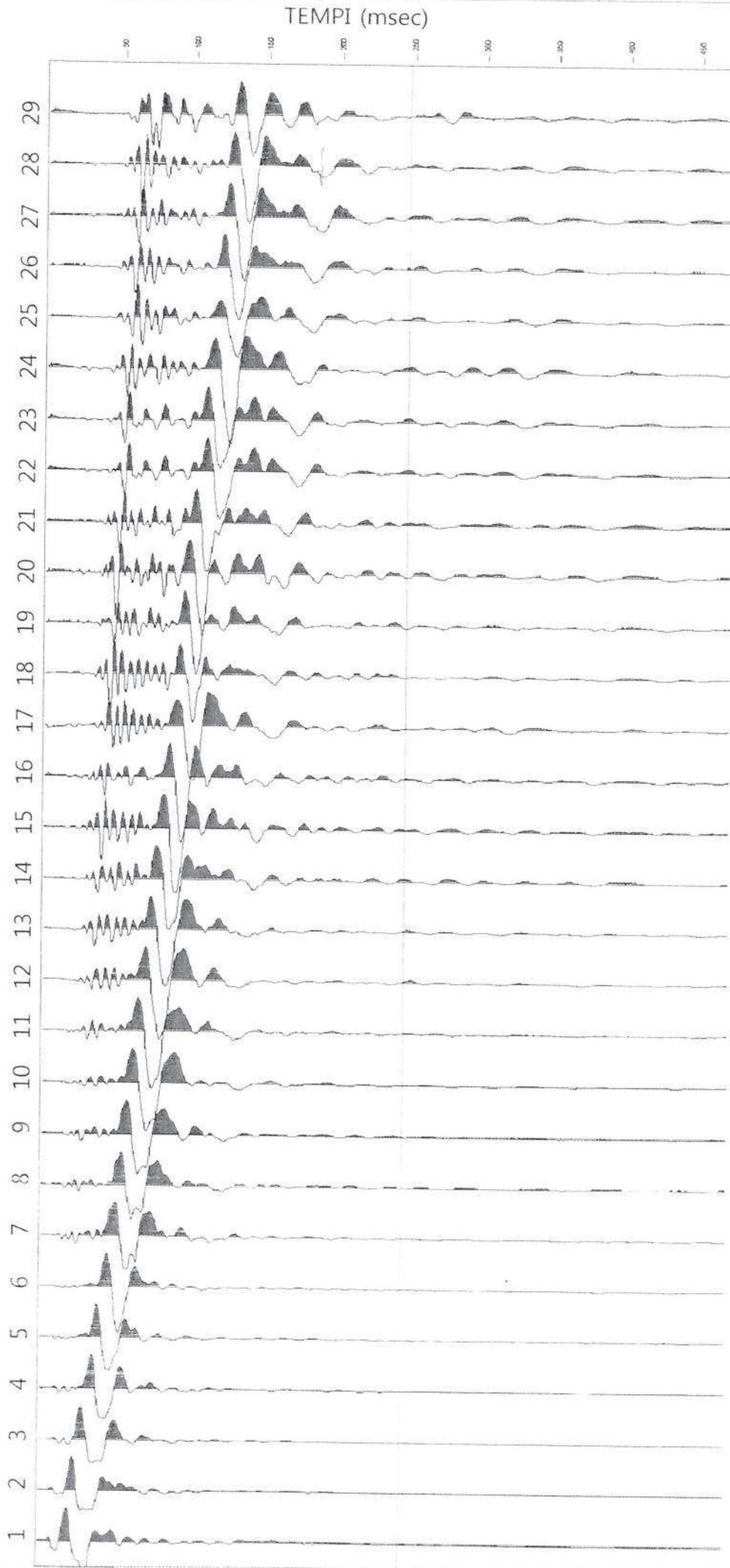


TABELLA 2 – TEMPI ONDE SH – DH

ONDE SH	Profondità	T start	Scarto	Tempi letti (mms)		Tempi corretti scarto		z/d	Tempi corretti dist		Tempi medi (mms)
	P (m)	(mms)		G1	G2	G1	G2		G1	G2	
	0.0	13.3	-0.45	7.0		6.55		0.000	0.00		0
	1.0	13.3	-0.45	12.0	12.0	11.55	12.00	0.447	5.17	5.37	5.17
	2.0	12.8	0.05	18.4	18.6	18.45	18.15	0.707	13.05	12.83	12.94
	3.0	13.0	-0.20	21.0	21.8	20.80	21.30	0.832	17.31	17.72	17.51
	4.0	12.5	0.30	25.3	26.3	25.55	26.30	0.894	22.85	23.52	23.19
	5.0	12.8	0.05	32.5	32.8	32.55	32.55	0.928	30.22	30.22	30.22
	6.0	12.8	0.05	38.3	38.3	38.30	38.55	0.949	36.33	36.57	36.45
	7.0	12.8	0.05	42.0	42.3	42.05	42.30	0.962	40.43	40.67	40.55
	8.0	13.0	-0.20	46.3	46.3	46.05	46.30	0.970	44.68	44.92	44.80
	9.0	12.8	0.05	50.3	50.5	50.30	50.55	0.976	49.10	49.35	49.22
	10.0	13.3	-0.45	54.3	55.0	53.80	54.80	0.981	52.76	53.74	53.25
	11.0	12.5	0.30	58.8	58.3	59.05	58.30	0.984	58.10	57.36	57.73
	12.0	13.0	-0.20	62.5	63.0	62.30	62.55	0.986	61.45	61.70	61.58
	13.0	12.5	0.30	67.0	66.8	67.30	67.05	0.988	66.52	66.27	66.39
	14.0	12.8	0.05	72.5	72.3	72.55	72.05	0.990	71.82	71.33	71.57
	15.0	13.0	-0.20	76.5	76.5	76.30	76.80	0.991	75.63	76.13	75.88
	16.00	12.8	0.05	79.5	79.5	79.55	79.55	0.992	78.94	78.94	78.94
	17.00	13.0	-0.20	83	83.75	82.80	83.55	0.993	82.23	82.98	82.61
	18.00	12.8	0.05	86.5	87	86.55	87.05	0.994	86.02	86.52	86.27
	19.00	13.0	-0.20	91	91.5	90.80	91.30	0.995	90.30	90.80	90.55
	20.00	12.5	0.30	94.5	94	94.80	94.05	0.995	94.33	93.58	93.96
	21.00	12.8	0.05	98	98	98.05	97.80	0.995	97.61	97.36	97.48
	22.00	12.8	0.05	101	101	101.05	101.30	0.996	100.64	100.88	100.76
	23.00	12.8	0.05	105.5	105.5	105.55	105.55	0.996	105.15	105.15	105.15
	24.00	12.5	0.30	109	108.75	109.30	108.80	0.997	108.92	108.42	108.67
	25.00	12.5	0.30	112	112	112.30	112.05	0.997	111.94	111.69	111.82
	26.00	12.5	0.30	116	116.2	116.30	116.50	0.997	115.96	116.16	116.06
	27.00	13.0	-0.20	119	119.25	118.80	119.55	0.997	118.48	119.22	118.85
	28.00	12.8	0.05	123	122.75	123.05	123.05	0.997	122.74	122.74	122.74
	29.00	13.0			128		127.80	0.998		127.50	127.50
	SOMMA	384.3									
	MEDIA	12.8									

MUGELLO CIRCUIT - COMUNE DI SCARPERIA (FI)

Prova Down Hole - Sondaggio

Grafico 1

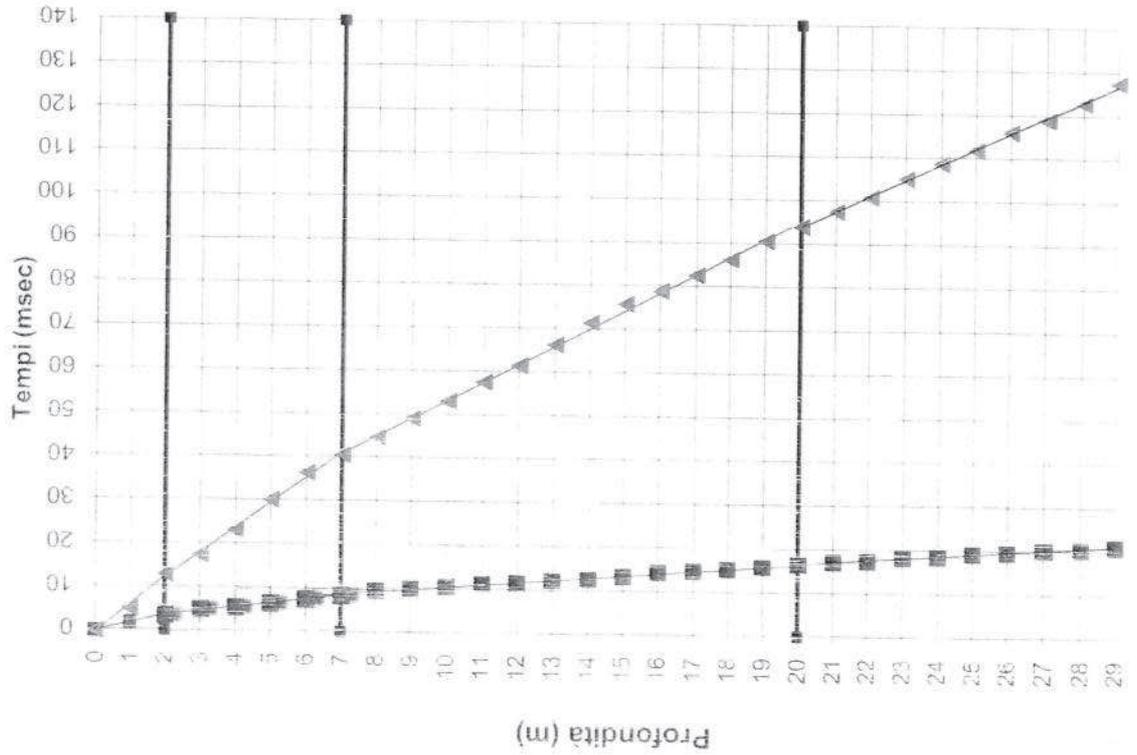
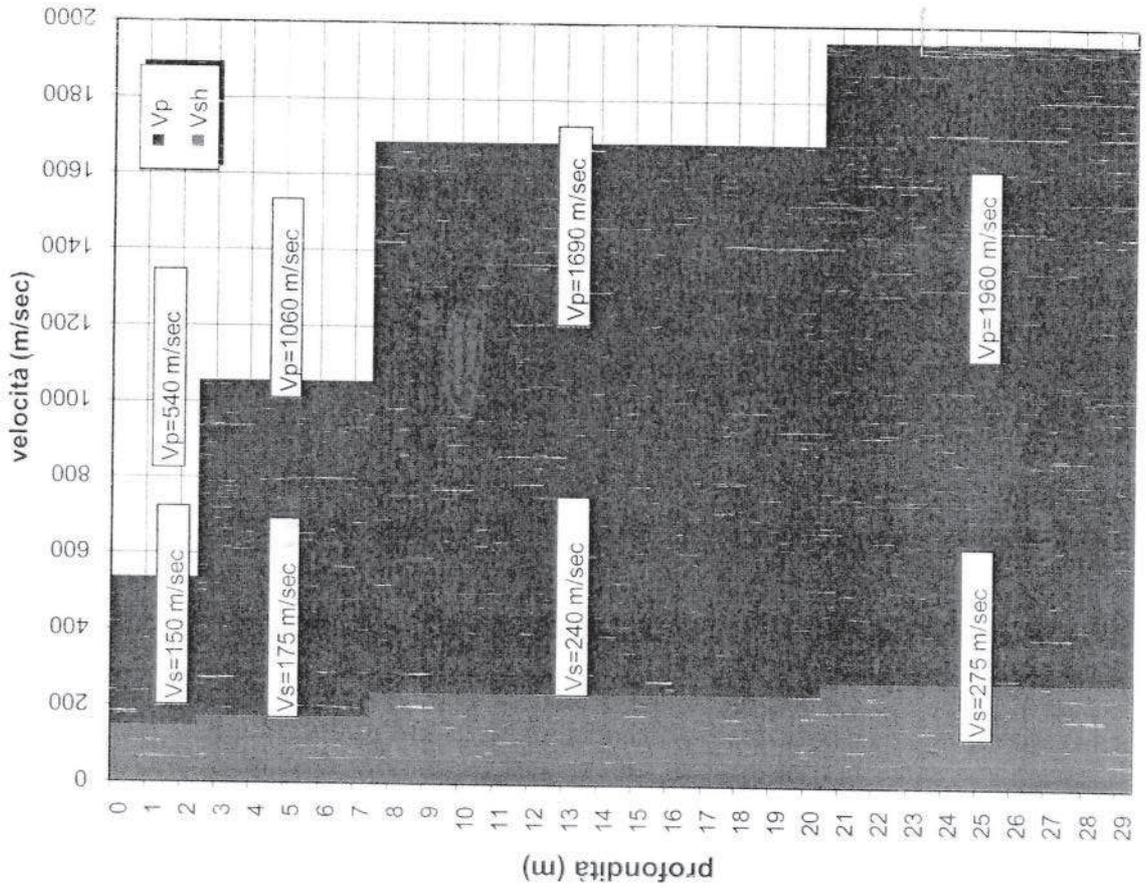


Grafico 2



INDAGINI 2011

**STRATIGRAFIA SONDAGGIO 3
INCLINOMETRO
CENTRALE POTABILIZZAZIONE AUTODROMO**

Comune: Scarperia (FI)

Profondità: 20,0 ml



Profondità (m)	Potenza (m)	Simbolo	Descrizione
1,2	1,2		terreno di riporto (cemento e scarti edili)
1,7	0,5		terreno di riporto (limo argilloso con ghiaietto)
2,1	0,4		argilla limosa
2,4	0,3		sabbia grossolana con ghiaietto e argilla
2,9	0,5		argilla grigia (SPT 5-10-5)
3,5	0,6		campione indisturbato
4,5	1,0		argilla limosa
5,0	0,5		campione indisturbato
5,5	0,5		argilla grigia (SPT 5-6-10)
6,0	0,5		sabbia grigia con argilla
8,8	2,8		argilla grigia compatta
8,9	0,1		argilla grigia sabbiosa
13,0	4,1		argilla grigia compatta
13,4	0,4		argilla grigia deb. limosa
16,6	3,2		argilla grigia compatta
16,7	0,1		sabbia grigia deb. argillosa
20,0	3,3		argilla grigia compatta

VERIFICHE STABILITA' VERSANTE

RELAZIONE DI CALCOLO

Definizione

Per pendio s'intende una porzione di versante naturale il cui profilo originario è stato modificato da interventi artificiali rilevanti rispetto alla stabilità. Per frana s'intende una situazione di instabilità che interessa versanti naturali e coinvolgono volumi considerevoli di terreno.

Introduzione all'analisi di stabilità

La risoluzione di un problema di stabilità richiede la presa in conto delle equazioni di campo e dei legami costitutivi. Le prime sono di equilibrio, le seconde descrivono il comportamento del terreno. Tali equazioni risultano particolarmente complesse in quanto i terreni sono dei sistemi multifase, che possono essere ricondotti a sistemi monofase solo in condizioni di terreno secco, o di analisi in condizioni drenate.

Nella maggior parte dei casi ci si trova a dover trattare un materiale che se saturo è per lo meno bifase, ciò rende la trattazione delle equazioni di equilibrio notevolmente complicata. Inoltre è praticamente impossibile definire una legge costitutiva di validità generale, in quanto i terreni presentano un comportamento non-lineare già a piccole deformazioni, sono anisotropi ed inoltre il loro comportamento dipende non solo dallo sforzo deviatorico ma anche da quello normale. A causa delle suddette difficoltà vengono introdotte delle ipotesi semplificative:

(a) Si usano leggi costitutive semplificate: modello rigido perfettamente plastico. Si assume che la resistenza del materiale sia espressa unicamente dai parametri coesione (c) e angolo di resistenza al taglio (ϕ), costanti per il terreno e caratteristici dello stato plastico; quindi si suppone valido il criterio di rottura di Mohr-Coulomb.

(b) In alcuni casi vengono soddisfatte solo in parte le equazioni di equilibrio.

Metodo equilibrio limite (LEM)

Il metodo dell'equilibrio limite consiste nello studiare l'equilibrio di un corpo rigido, costituito dal pendio e da una superficie di scorrimento di forma qualsiasi (linea retta, arco di cerchio, spirale logaritmica); da tale equilibrio vengono calcolate le tensioni da taglio (τ) e confrontate con la resistenza disponibile (τ_f), valutata secondo il criterio di rottura di *Coulomb*, da tale confronto ne scaturisce la prima indicazione sulla stabilità attraverso il coefficiente di sicurezza $F = \tau_f / \tau$.

Tra i metodi dell'equilibrio limite alcuni considerano l'equilibrio globale del corpo rigido (*Culman*), altri a causa della non omogeneità dividono il corpo in conci considerando l'equilibrio di ciascuno (*Fellenius, Bishop, Janbu ecc.*).

Di seguito vengono discussi i metodi dell'equilibrio limite dei conci.

Metodo dei conci

La massa interessata dallo scivolamento viene suddivisa in un numero conveniente di conci. Se il numero dei conci è pari a n , il problema presenta le seguenti incognite:

n valori delle forze normali N_j agenti sulla base di ciascun concio;

n valori delle forze di taglio alla base del concio T_j

$(n-1)$ forze normali E_j agenti sull'interfaccia dei conci;

$(n-1)$ forze tangenziali X_i agenti sull'interfaccia dei conci;
 n valori della coordinata a che individua il punto di applicazione delle E_i ;
 $(n-1)$ valori della coordinata che individua il punto di applicazione delle X_i ;
 una incognita costituita dal fattore di sicurezza F .

Complessivamente le incognite sono $(6n-2)$.

mentre le equazioni a disposizione sono:

Equazioni di equilibrio dei momenti n
 Equazioni di equilibrio alla traslazione verticale n
 Equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale n
 Equazioni relative al criterio di rottura n
 Totale numero di equazioni $4n$

Il problema è staticamente indeterminato ed il grado di indeterminazione è pari a

$$i = (6n-2) - (4n) = 2n-2.$$

Il grado di indeterminazione si riduce ulteriormente a $(n-2)$ in quando si fa l'assunzione che N_i sia applicato nel punto medio della striscia, ciò equivale ad ipotizzare che le tensioni normali totali siano uniformemente distribuite.

I diversi metodi che si basano sulla teoria dell'equilibrio limite si differenziano per il modo in cui vengono eliminate le $(n-2)$ indeterminazioni.

Metodo di FELLENIUS (1927)

Con questo metodo (valido solo per superfici di scorrimento di forma circolare) vengono trascurate le forze di interstriscia pertanto le incognite si riducono a:

n valori delle forze normali N_i ;
 n valori delle forze da taglio T_i ;
 1 fattore di sicurezza.
 Incognite $(2n+1)$

Le equazioni a disposizione sono:

n equazioni di equilibrio alla traslazione verticale;
 n equazioni relative al criterio di rottura;
 1 equazione di equilibrio dei momenti globale.

$$F = \frac{\sum \{ c_i \times l_i + (W_i \times \cos \alpha_i - u_i \times l_i) \times \tan \varphi_i \}}{\sum W_i \times \sin \alpha_i}$$

Questa equazione è semplice da risolvere ma si è trovato che fornisce risultati conservativi (fattori di sicurezza bassi) soprattutto per superfici profonde.

Metodo di BISHOP (1955)

Con tale metodo non viene trascurato nessun contributo di forze agenti sui blocchi e fu il primo a descrivere i problemi legati ai metodi convenzionali.

Le equazioni usate per risolvere il problema sono:

$\Sigma F_v = 0, \Sigma M_0 = 0$, Criterio di rottura.

$$F = \frac{\Sigma \{ c_i \times b_i + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan \varphi_i \} \times \frac{\sec \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \times \tan \varphi_i / F}}{\Sigma W_i \times \sin \alpha_i}$$

I valori di F e di ΔX per ogni elemento che soddisfano questa equazione danno una soluzione rigorosa al problema. Come prima approssimazione conviene porre $\Delta X = 0$ ed iterare per il calcolo del fattore di sicurezza, tale procedimento è noto come metodo di **Bishop ordinario**, gli errori commessi rispetto al metodo completo sono di circa 1 %.

Metodo di JANBU (1967)

Janbu estese il metodo di *Bishop* a superfici di scorrimento di forma qualsiasi.

Quando vengono trattate superfici di scorrimento di forma qualsiasi il braccio delle forze cambia (nel caso delle superfici circolari resta costante e pari al raggio) a tal motivo risulta più conveniente valutare l'equazione del momento rispetto allo spigolo di ogni blocco.

$$F = \frac{\Sigma \{ c_i \times b_i + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan \varphi_i \} \times \frac{\sec^2 \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \times \tan \varphi_i / F}}{\Sigma W_i \times \tan \alpha_i}$$

Assumendo $\Delta X_i = 0$ si ottiene il metodo ordinario.

Janbu propose inoltre un metodo per la correzione del fattore di sicurezza ottenuto con il metodo ordinario secondo la seguente:

$$F_{\text{corretto}} = f_o F$$

dove f_o è riportato in grafici funzione di geometria e parametri geotecnici.

Tale correzione è molto attendibile per pendii poco inclinati.

Metodo di BELL (1968)

Le forze agenti sul corpo che scivola includono il peso effettivo del terreno, W , le forze sismiche pseudostatiche orizzontali e verticali $K_x W$ e $K_z W$, le forze orizzontali e verticali X e Z applicate esternamente al profilo del pendio, infine, la risultante degli sforzi totali normali e di taglio σ e τ agenti sulla superficie potenziale di scivolamento.

Lo sforzo totale normale può includere un eccesso di pressione dei pori u che deve essere specificata con l'introduzione dei parametri di forza efficace.

In pratica questo metodo può essere considerato come un'estensione del metodo del cerchio di attrito per sezioni omogenee precedentemente descritto da *Taylor*.

In accordo con la legge della resistenza di *Mohr-Coulomb* in termini di tensione efficace, la forza di taglio agente sulla base dell' i -esimo concio è data da:

$$T_i = \frac{c_i L_i + (N_i - u_{ci} L_i) \tan \phi_i}{F}$$

in cui

F = il fattore di sicurezza;

c_i = la coesione efficace (o totale) alla base dell'i-esimo concio;
 ϕ_i = l'angolo di attrito efficace (= 0 con la coesione totale) alla base dell'i-esimo concio;
 L_i = la lunghezza della base dell'i-esimo concio;
 u_{ci} = la pressione dei pori al centro della base dell'i-esimo concio.

L'equilibrio risulta uguagliando a zero la somma delle forze orizzontali, la somma delle forze verticali e la somma dei momenti rispetto all'origine.
 Viene adottata la seguente assunzione sulla variazione della tensione normale agente sulla potenziale superficie di scorrimento:

$$\sigma_{ci} = \left[C_1(1 - K_z) \frac{W_i \cos \alpha_i}{L_i} \right] + C_2 f(x_{ci}, y_{ci}, z_{ci})$$

in cui il primo termine dell'equazione include l'espressione:
 $W_i \cos \alpha_i / L_i$ = valore dello sforzo normale totale associato con il metodo ordinario dei conci.
 Il secondo termine dell'equazione include la funzione:

$$f = \sin 2\pi \left(\frac{x_n - x_{ci}}{x_n - x_0} \right)$$

Dove x_0 ed x_n sono rispettivamente le ascisse del primo e dell'ultimo punto della superficie di scorrimento, mentre x_{ci} rappresenta l'ascissa del punto medio della base del concio i-esimo.
 Una parte sensibile di riduzione del peso associata con una accelerazione verticale del terreno $K_z g$ può essere trasmessa direttamente alla base e ciò è incluso nel fattore $(1 - K_z)$.
 Lo sforzo normale totale alla base di un concio è dato da:

$$N_i = \sigma_{ci} L_i$$

La soluzione delle equazioni di equilibrio si ricava risolvendo un sistema lineare di tre equazioni ottenute moltiplicando le equazioni di equilibrio per il fattore di sicurezza F , sostituendo l'espressione di N_i e moltiplicando ciascun termine della coesione per un coefficiente arbitrario C_3 .
 Si assume una relazione di linearità tra detto coefficiente, determinabile tramite la regola di Cramer, ed il fattore di sicurezza F . Il corretto valore di F può essere ottenuto dalla formula di interpolazione lineare:

$$F = F(2) + \left(\frac{1 - C_3(2)}{C_3(2) - C_3(1)} \right) (F(2) - F(1))$$

dove i numeri in parentesi (1) e (2) indicano i valori iniziale e successivo dei parametri F e C_3 .
 Qualsiasi coppia di valori del fattore di sicurezza nell'intorno di una stima fisicamente ragionevole può essere usata per iniziare una soluzione iterativa.
 Il numero necessario di iterazioni dipende sia dalla stima iniziale sia dalla desiderata precisione della soluzione; normalmente, il processo converge rapidamente.

Metodo di SARMA (1973)

Il metodo di **Sarma** è un semplice, ma accurato metodo per l'analisi di stabilità dei pendii, che permette di determinare l'accelerazione sismica orizzontale richiesta affinché l'ammasso di terreno,

delimitato dalla superficie di scivolamento e dal profilo topografico, raggiunga lo stato di equilibrio limite (accelerazione critica Kc) e, nello stesso tempo, consente di ricavare l'usuale fattore di sicurezza ottenuto come per gli altri metodi più comuni della geotecnica.

Si tratta di un metodo basato sul principio dell'equilibrio limite e delle strisce, pertanto viene considerato l'equilibrio di una potenziale massa di terreno in scivolamento suddivisa in n strisce verticali di spessore sufficientemente piccolo da ritenere ammissibile l'assunzione che lo sforzo normale N_i agisce nel punto medio della base della striscia.

Le equazioni da prendere in considerazione sono:

L'equazione di equilibrio alla traslazione orizzontale del singolo concio;

L'equazione di equilibrio alla traslazione verticale del singolo concio;

L'equazione di equilibrio dei momenti.

Condizioni di equilibrio alla traslazione orizzontale e verticale:

$$N_i \cos \alpha_i + T_i \sin \alpha_i = W_i - \Delta X_i$$

$$T_i \cos \alpha_i - N_i \sin \alpha_i = KW_i + \Delta E_i$$

Viene, inoltre, assunto che in assenza di forze esterne sulla superficie libera dell'ammasso si ha:

$$\sum \Delta E_i = 0$$

$$\sum \Delta X_i = 0$$

dove E_i e X_i rappresentano, rispettivamente, le forze orizzontale e verticale sulla faccia i -esima del concio generico i .

L'equazione di equilibrio dei momenti viene scritta scegliendo come punto di riferimento il baricentro dell'intero ammasso; sicché, dopo aver eseguito una serie di posizioni e trasformazioni trigonometriche ed algebriche, nel metodo di **Sarma** la soluzione del problema passa attraverso la risoluzione di due equazioni:

$$* \sum \Delta X_i \cdot \operatorname{tg}(\psi'_i - \alpha_i) + \sum \Delta E_i = \sum \Delta_i - K \cdot \sum W_i$$

$$** \sum \Delta X_i \cdot [(y_{mi} - y_G) \cdot \operatorname{tg}(\psi'_i - \alpha'_i) + (x'_i - x_G)] = \sum W_i \cdot (x_{mi} - x_G) + \sum \Delta_i \cdot (y_{mi} - y_G)$$

Ma l'approccio risolutivo, in questo caso, è completamente capovolto: il problema infatti impone di trovare un valore di K (accelerazione sismica) corrispondente ad un determinato fattore di sicurezza; ed in particolare, trovare il valore dell'accelerazione K corrispondente al fattore di sicurezza $F = 1$, ossia l'*accelerazione critica*.

Si ha pertanto:

$K = Kc$ *accelerazione critica* se $F = 1$

$F = Fs$ *fattore di sicurezza in condizioni statiche* se $K = 0$

La seconda parte del problema del Metodo di Sarma è quella di trovare una distribuzione di forze interne X_i ed E_i tale da verificare l'equilibrio del concio e quello globale dell'intero ammasso, senza violazione del criterio di rottura.

E' stato trovato che una soluzione accettabile del problema si può ottenere assumendo la seguente distribuzione per le forze X_i :

$$\Delta X_i = \lambda \cdot \Delta Q_i = \lambda \cdot (Q_{i+1} - Q_i)$$

dove Q_i è una funzione nota, in cui vengono presi in considerazione i parametri geotecnici medi sulla i -esima faccia del concio i , e λ rappresenta un'incognita.

La soluzione completa del problema si ottiene pertanto, dopo alcune iterazioni, con i valori di K_c , λ e F , che permettono di ottenere anche la distribuzione delle forze di interstriscia.

Metodo di SPENCER

Il metodo è basato sull'assunzione:

Le forze d'interfaccia lungo le superfici di divisione dei singoli conci sono orientate parallelamente fra loro ed inclinate rispetto all'orizzontale di un angolo θ . tutti i momenti sono nulli $M_i = 0 \quad i=1 \dots n$

Sostanzialmente il metodo soddisfa tutte le equazioni della statica ed equivale al metodo di Morgenstern e Price quando la funzione $f(x) = 1$.

Imponendo l'equilibrio dei momenti rispetto al centro dell'arco descritto dalla superficie di scivolamento si ha:

$$\sum Q_i R \cos(\alpha - \theta) = 0$$

dove:

$$Q_i = \frac{\frac{c}{F_s} (W \cos \alpha - \gamma_w h l \sec \alpha) \frac{tg \alpha}{F_s} - W \sin \alpha}{\cos(\alpha - \theta) \left[\frac{F_s + tg \phi tg(\alpha - \theta)}{F_s} \right]}$$

forza d'interazione fra i conci;

R = raggio dell'arco di cerchio;

θ = angolo d'inclinazione della forza Q_i rispetto all'orizzontale.

Imponendo l'equilibrio delle forze orizzontali e verticali si ha rispettivamente:

$$\sum (Q_i \cos \theta) = 0 \quad \sum (Q_i \sin \theta) = 0$$

Con l'assunzione delle forze Q_i parallele fra loro, si può anche scrivere:

$$\sum Q_i = 0$$

Il metodo propone di calcolare due coefficienti di sicurezza: il primo (F_{SM}) ottenibile dalla 1), legato all'equilibrio dei momenti; il secondo (F_{SF}) dalla 2) legato all'equilibrio delle forze. In pratica si procede risolvendo la 1) e la 2) per un dato intervallo di valori dell'angolo θ , considerando come valore unico del coefficiente di sicurezza quello per cui si abbia $F_{SM} = F_{SF}$.

Metodo di MORGENSTERN e PRICE

Si stabilisce una relazione tra le componenti delle forze di interfaccia del tipo $X = \lambda f(x)E$, dove λ è un fattore di scala e $f(x)$, funzione della posizione di E e di X , definisce una relazione tra la variazione della forza X e della forza E all'interno della massa scivolante. La funzione $f(x)$ è scelta arbitrariamente (costante, sinusoidale, semisinusoidale, trapezia, spezzata...) e influenza poco il risultato, ma va verificato che i valori ricavati per le incognite siano fisicamente accettabili.

La particolarità del metodo è che la massa viene suddivisa in strisce infinitesime alle quali vengono imposte le equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale e verticale e di rottura sulla base delle strisce stesse. Si perviene ad una prima equazione differenziale che lega le forze d'interfaccia incognite E , X , il coefficiente di sicurezza F_s , il peso della striscia infinitesima dW e la risultante delle pressioni neutra alla base dU .

Si ottiene la cosiddetta "equazione delle forze":

$$c' \sec^2 \frac{\alpha}{F_s} + tg \phi' \left(\frac{dW}{dx} - \frac{dX}{dx} - tg \alpha \frac{dE}{dx} - \sec \alpha \frac{dU}{dx} \right) = \\ = \frac{dE}{dx} - tg \alpha \left(\frac{dX}{dx} - \frac{dW}{dx} \right)$$

Una seconda equazione, detta "equazione dei momenti", viene scritta imponendo la condizione di equilibrio alla rotazione rispetto alla mezzzeria della base:

$$X = \frac{d(E \cdot \gamma)}{dx} - \gamma \frac{dE}{dx}$$

queste due equazioni vengono estese per integrazione a tutta la massa interessata dallo scivolamento. Il metodo di calcolo soddisfa tutte le equazioni di equilibrio ed è applicabile a superfici di qualsiasi forma, ma implica necessariamente l'uso di un calcolatore.

VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Nelle verifiche agli Stati Limite Ultimi la stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica viene eseguita con il metodo pseudo-statico. Per i terreni che sotto l'azione di un carico ciclico possono sviluppare pressioni interstiziali elevate viene considerato un aumento in percento delle pressioni neutre che tiene conto di questo fattore di perdita di resistenza.

Ai fini della valutazione dell'azione sismica, nelle verifiche agli stati limite ultimi, vengono considerate le seguenti forze statiche equivalenti:

$$F_H = K_o \cdot W$$

$$F_V = K_v \cdot W$$

Essendo:

F_H e F_V rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio;

W: peso concio

K_O : Coefficiente sismico orizzontale

K_V : Coefficiente sismico verticale.

Calcolo coefficienti sismici

Le NTC 2008 calcolano i coefficienti K_O e K_V in dipendenza di vari fattori:

$$K_O = \beta_s \times (a_{\max}/g)$$

$$K_V = \pm 0,5 \times K_O$$

Con

β_s coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

a_{\max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g accelerazione di gravità.

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa sul sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$$a_{\max} = S_S S_T a_g$$

S_S (effetto di amplificazione stratigrafica): $0.90 \leq S_S \leq 1.80$; è funzione di F_0 (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E).

S_T (effetto di amplificazione topografica).

Il valore di S_T varia con il variare delle quattro categorie topografiche introdotte:

$$T1(S_T = 1.0) \quad T2(S_T = 1.20) \quad T3(S_T = 1.20) \quad T4(S_T = 1.40).$$

Questi valori sono calcolati come funzione del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno dell'evento sismico che è valutato come segue:

$$T_R = -V_R / \ln(1 - PVR)$$

Con V_R vita di riferimento della costruzione e PVR probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso V_R dovrà essere maggiore o uguale a 35 anni.

Ricerca della superficie di scorrimento critica

In presenza di mezzi omogenei non si hanno a disposizione metodi per individuare la superficie di scorrimento critica ed occorre esaminarne un numero elevato di potenziali superfici. Nel caso vengano ipotizzate superfici di forma circolare, la ricerca diventa più semplice, in quanto dopo aver posizionato una maglia dei centri costituita da m righe e n colonne saranno esaminate tutte le superfici aventi per centro il generico nodo della maglia $m \times n$ e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili.

Analisi di stabilità dei pendii con FELLENIUS

Zona	potabilizzatore Scarperia
Lat./Long.	43,990099/11,370943
Normativa	NTC 2008
Numero di strati	4,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-22,63 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	17,87 m
Ascissa vertice destro superiore xs	105,12 m
Ordinata vertice destro superiore ys	110,66 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	40,0
Numero di celle lungo y	40,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe IV
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	100,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T4

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	60,0	0,88	2,42	0,27
S.L.D.	101,0	1,11	2,42	0,27
S.L.V.	949,0	2,55	2,4	0,29
S.L.C.	1950,0	3,17	2,41	0,31

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	1,848	0,2	0,0377	0,0188
S.L.D.	2,331	0,24	0,0571	0,0285
S.L.V.	4,7322	0,28	0,1351	0,0676
S.L.C.	5,4701	0,28	0,1562	0,0781

Coefficiente azione sismica orizzontale
Coefficiente azione sismica verticale

0,0377
0,0188

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	0,0
2	3,1	1,0
3	9,44	2,1
4	11,0	2,25
5	13,0	2,7
6	14,0	3,3
7	19,0	6,1
8	21,8	7,9
9	23,3	7,9
10	26,8	8,0
11	29,0	8,0
12	30,5	9,5
13	32,0	9,95
14	42,1	10,0
15	43,9	10,1
16	57,0	10,2
17	70,5	10,5
18	76,5	10,7
19	79,4	10,7
20	81,2	11,7
21	85,6	14,05
22	94,0	15,0
23	103,2	16,7

Falda

Nr.	X m	y m
1	0,36	-0,86
2	9,53	0,55
3	18,58	1,72
4	31,03	5,95
5	39,85	7,24
6	54,66	8,3
7	75,1	8,54
8	83,68	9,83
9	95,08	12,89
10	103,31	13,71

Vertici strato1

N	X m	y m
1	0,0	-0,5
2	3,1	0,3
3	9,44	1,0
4	11,0	1,0
5	13,0	1,5
6	14,0	1,8
7	19,0	2,0
8	23,27	2,62
9	23,3	3,5
10	26,8	4,5
11	29,0	7,2

12	30,5	8,0
13	32,0	8,0
14	42,1	8,2
15	43,9	8,2
16	57,0	9,2
17	70,5	9,3
18	76,5	9,7
19	79,4	9,7
20	81,2	10,5
21	85,6	12,5
22	94,0	14,0
23	103,2	14,0

Vertici strato2

N	X m	y m
1	0,0	-2,43
2	16,47	-1,58
3	33,14	1,79
4	52,39	4,37
5	69,86	6,36
6	88,52	8,54
7	103,2	10,55

Vertici strato3

N	X m	y m
1	0,0	-6,15
2	15,08	-5,75
3	31,55	-3,96
4	44,26	-2,77
5	57,95	0,6
6	77,2	1,4
7	88,92	3,78
8	103,2	5,54

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,0
Coazione efficace	1,0
Coazione non drenata	1,0
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

Stratigrafia

c: coazione; cu: coazione non drenata; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kg/cm ²)	cu (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	K (Kg/cm ³)	Litologia
1		0.20	15	1800,00	2100,00	0,00	
2		0.4	20	1900	2200	0,00	
3		0.65	15	1900	2100	0,00	
4		0.85	25	2000	2200	0,00	

Carichi concentrati

N°	x m	y m	Fx (Kg)	Fy (Kg)	M (Kg m)
1	23,13	8,26	2000	2000	0

2	26,4	8,26	2000	2000	0
---	------	------	------	------	---

Carichi distribuiti

N°	xi m	yi m	xf m	yf m	Carico esterno (kg/cm ²)
1	50	9	80	9,229007	0,9

Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato	0,14
Ascissa centro superficie	-5,07 m
Ordinata centro superficie	93,26 m
Raggio superficie	90,15 m

Numero di superfici esaminate....(1931)

N°	Xo	Yo	Ro	Fs
1	2,9	17,9	17,0	1,16
2	4,5	19,0	18,4	1,17
3	6,1	17,9	17,7	0,97
4	7,7	19,0	18,1	0,58
5	9,3	17,9	16,3	0,48
6	10,9	19,0	16,5	0,43
7	12,5	17,9	14,5	0,43
8	14,1	19,0	15,7	0,44
9	15,7	17,9	13,0	0,35
10	17,3	19,0	14,2	0,52
11	18,9	17,9	11,6	0,40
12	20,5	19,0	12,7	0,44
13	22,1	17,9	11,6	0,60
14	23,7	19,0	12,7	0,71
15	25,3	17,9	11,1	0,71
16	26,9	19,0	11,5	0,59
17	28,5	17,9	9,9	0,67
18	30,1	19,0	10,3	1,02
19	31,7	17,9	10,6	1,60
20	33,3	19,0	21,0	1,49
21	34,9	17,9	17,8	2,07
22	36,5	19,0	20,9	1,52
23	38,0	17,9	19,7	1,52
24	39,6	19,0	20,8	1,49
25	41,2	17,9	17,6	1,48
26	42,8	19,0	20,8	1,49
27	44,4	17,9	19,9	1,50
28	46,0	19,0	10,4	1,08
29	47,6	17,9	10,2	1,16
30	49,2	19,0	11,0	1,21
31	50,8	17,9	11,6	1,48
32	52,4	19,0	16,7	1,58
33	54,0	17,9	17,6	1,69
34	55,6	19,0	18,6	1,91
35	57,2	17,9	15,4	1,96
36	58,8	19,0	16,1	2,28
37	60,4	17,9	15,5	2,77
38	62,0	19,0	18,4	3,31

39	63,6	17,9	17,8	4,19
40	65,2	19,0	16,4	5,00
41	66,8	17,9	8,2	4,24
42	68,4	19,0	10,3	5,06
43	70,0	17,9	8,2	3,93
44	71,6	19,0	8,8	3,64
45	73,2	17,9	9,7	4,44
46	74,8	19,0	16,8	8,79
47	76,4	17,9	15,6	8,14
48	78,0	19,0	16,6	6,53
49	79,6	17,9	6,7	0,44
50	81,2	19,0	7,3	0,49
51	82,8	17,9	6,5	0,79
52	84,4	19,0	7,8	1,10
53	86,0	17,9	6,0	1,39
54	87,6	19,0	12,7	1,19
55	89,1	17,9	12,8	1,28
56	90,7	19,0	11,5	1,51
57	92,3	17,9	9,8	1,83
58	93,9	19,0	4,9	1,34
59	95,5	17,9	3,6	1,24
60	97,1	19,0	5,4	1,61
61	6,1	20,2	19,9	0,81
62	7,7	21,3	19,1	0,41
63	9,3	20,2	18,4	0,47
64	10,9	21,3	18,6	0,36
65	12,5	20,2	16,6	0,33
66	14,1	21,3	16,5	0,29
67	15,7	20,2	15,4	0,42
68	17,3	21,3	15,1	0,30
69	18,9	20,2	13,9	0,46
70	20,5	21,3	15,1	0,49
71	22,1	20,2	13,9	0,66
72	23,7	21,3	14,8	0,68
73	25,3	20,2	13,2	0,67
74	26,9	21,3	13,6	0,53
75	28,5	20,2	12,0	0,75
76	30,1	21,3	12,4	1,15
77	31,7	20,2	22,3	1,46
78	33,3	21,3	21,3	1,69
79	34,9	20,2	22,1	1,45
80	36,5	21,3	23,2	1,45
81	38,0	20,2	19,7	1,59
82	39,6	21,3	23,0	1,48
83	41,2	20,2	19,4	1,50
84	42,8	21,3	22,8	1,47
85	44,4	20,2	21,8	1,56
86	46,0	21,3	12,7	1,06
87	47,6	20,2	12,9	1,30
88	49,2	21,3	13,4	1,31
89	50,8	20,2	17,9	1,56
90	52,4	21,3	18,7	1,62
91	54,0	20,2	17,7	1,71
92	55,6	21,3	18,7	1,87
93	57,2	20,2	17,4	2,04
94	58,8	21,3	18,4	2,24
95	60,4	20,2	19,5	2,48
96	62,0	21,3	20,5	2,60
97	63,6	20,2	19,4	3,61

98	65,2	21,3	17,8	4,85
99	66,8	20,2	14,6	5,23
100	68,4	21,3	15,4	4,96
101	70,0	20,2	10,3	3,88
102	71,6	21,3	12,9	5,31
103	73,2	20,2	10,9	4,88
104	74,8	21,3	11,0	3,85
105	76,4	20,2	17,8	6,35
106	78,0	21,3	11,5	3,51
107	79,6	20,2	8,9	0,45
108	81,2	21,3	10,9	1,20
109	82,8	20,2	7,4	0,61
110	84,4	21,3	9,3	1,06
111	86,0	20,2	7,7	1,36
112	87,6	21,3	13,4	1,26
113	89,1	20,2	13,1	1,32
114	90,7	21,3	7,2	1,68
115	92,3	20,2	5,9	1,52
116	93,9	21,3	7,4	1,38
117	95,5	20,2	6,0	1,22
118	2,9	22,5	21,6	1,19
119	4,5	23,7	23,0	0,75
120	6,1	22,5	21,0	0,58
121	7,7	23,7	21,3	0,39
122	9,3	22,5	19,3	0,38
123	10,9	23,7	20,8	0,39
124	12,5	22,5	18,8	0,37
125	14,1	23,7	18,8	0,35
126	15,7	22,5	17,7	0,47
127	17,3	23,7	17,4	0,22
128	18,9	22,5	16,2	0,52
129	20,5	23,7	17,4	0,53
130	22,1	22,5	16,2	0,64
131	23,7	23,7	16,9	0,53
132	25,3	22,5	15,2	0,60
133	26,9	23,7	15,7	0,69
134	28,5	22,5	14,0	0,84
135	30,1	23,7	16,3	1,23
136	31,7	22,5	24,6	1,34
137	33,3	23,7	23,5	1,55
138	34,9	22,5	24,4	1,40
139	36,5	23,7	23,2	1,50
140	38,0	22,5	21,9	1,55
141	39,6	23,7	22,8	1,51
142	41,2	22,5	24,0	1,44
143	42,8	23,7	25,0	1,48
144	44,4	22,5	15,9	1,52
145	46,0	23,7	16,7	1,43
146	47,6	22,5	13,4	1,06
147	49,2	23,7	16,8	1,52
148	50,8	22,5	13,9	1,54
149	52,4	23,7	22,3	1,65
150	54,0	22,5	19,4	1,71
151	55,6	23,7	22,6	1,81
152	57,2	22,5	22,0	2,13
153	58,8	23,7	23,0	2,13
154	60,4	22,5	21,8	2,29
155	62,0	23,7	22,8	2,81
156	63,6	22,5	21,6	3,23

157	65,2	23,7	22,6	4,24
158	66,8	22,5	13,7	5,00
159	68,4	23,7	14,6	4,62
160	70,0	22,5	13,3	4,37
161	71,6	23,7	14,1	3,87
162	73,2	22,5	13,4	3,56
163	74,8	23,7	14,0	3,53
164	76,4	22,5	18,8	6,34
165	78,0	23,7	13,1	1,62
166	79,6	22,5	10,7	0,46
167	81,2	23,7	12,0	0,66
168	82,8	22,5	10,0	0,71
169	84,4	23,7	11,0	0,94
170	86,0	22,5	9,3	1,24
171	87,6	23,7	14,3	1,51
172	89,1	22,5	12,7	1,69
173	90,7	23,7	9,9	1,56
174	92,3	22,5	8,2	1,43
175	93,9	23,7	8,9	1,18
176	95,5	22,5	7,9	1,16
177	2,9	24,8	23,9	1,21
178	4,5	26,0	25,3	0,62
179	6,1	24,8	23,3	0,47
180	7,7	26,0	23,6	0,42
181	9,3	24,8	22,8	0,41
182	10,9	26,0	23,0	0,42
183	12,5	24,8	21,0	0,40
184	14,1	26,0	21,0	0,39
185	15,7	24,8	20,0	0,42
186	17,3	26,0	19,7	0,41
187	18,9	24,8	18,5	0,40
188	20,5	26,0	19,7	0,57
189	22,1	24,8	18,5	0,65
190	23,7	26,0	18,9	0,60
191	25,3	24,8	17,3	0,51
192	26,9	26,0	17,7	0,76
193	28,5	24,8	16,1	0,94
194	30,1	26,0	18,4	1,17
195	31,7	24,8	24,8	1,50
196	33,3	26,0	27,9	1,25
197	34,9	24,8	26,7	1,35
198	36,5	26,0	27,7	1,34
199	38,0	24,8	26,5	1,40
200	39,6	26,0	25,0	1,49
201	41,2	24,8	23,7	1,45
202	42,8	26,0	24,6	1,49
203	44,4	24,8	17,7	1,53
204	46,0	26,0	18,3	1,35
205	47,6	24,8	17,4	1,45
206	49,2	26,0	18,1	1,54
207	50,8	24,8	23,2	1,63
208	52,4	26,0	24,1	1,69
209	54,0	24,8	23,2	1,74
210	55,6	26,0	24,1	1,80
211	57,2	24,8	23,5	1,88
212	58,8	26,0	24,4	2,23
213	60,4	24,8	23,8	2,56
214	62,0	26,0	24,7	2,72
215	63,6	24,8	23,9	3,22

216	65,2	26,0	24,9	3,62
217	66,8	24,8	16,0	4,93
218	68,4	26,0	16,9	4,59
219	70,0	24,8	15,5	3,87
220	71,6	26,0	16,4	3,91
221	73,2	24,8	15,0	3,96
222	74,8	26,0	15,8	4,12
223	76,4	24,8	14,1	0,43
224	78,0	26,0	16,4	3,50
225	79,6	24,8	12,8	0,51
226	81,2	26,0	14,4	0,80
227	82,8	24,8	13,3	1,02
228	84,4	26,0	12,7	1,05
229	86,0	24,8	11,9	1,20
230	87,6	26,0	12,9	1,47
231	89,1	24,8	14,8	1,64
232	90,7	26,0	12,7	1,79
233	92,3	24,8	10,4	1,37
234	93,9	26,0	12,0	1,39
235	95,5	24,8	10,4	1,17
236	2,9	27,1	26,2	1,23
237	6,1	27,1	25,6	0,46
238	7,7	28,3	25,8	0,32
239	9,3	27,1	23,8	0,28
240	10,9	28,3	24,0	0,26
241	12,5	27,1	23,2	0,44
242	14,1	28,3	23,2	0,42
243	15,7	27,1	22,3	0,46
244	17,3	28,3	22,0	0,46
245	18,9	27,1	20,9	0,44
246	20,5	28,3	22,0	0,61
247	22,1	27,1	20,6	0,62
248	23,7	28,3	21,0	0,54
249	25,3	27,1	19,4	0,32
250	26,9	28,3	19,8	0,84
251	28,5	27,1	18,2	1,05
252	30,1	28,3	20,5	1,37
253	31,7	27,1	27,1	1,41
254	33,3	28,3	30,2	1,24
255	34,9	27,1	26,7	1,47
256	36,5	28,3	27,7	1,45
257	38,0	27,1	26,3	1,47
258	39,6	28,3	29,8	1,41
259	41,2	27,1	25,9	1,44
260	42,8	28,3	26,8	1,46
261	44,4	27,1	28,3	1,51
262	46,0	28,3	20,3	1,36
263	47,6	27,1	18,8	1,37
264	49,2	28,3	19,4	1,33
265	50,8	27,1	25,0	1,72
266	52,4	28,3	26,0	1,76
267	54,0	27,1	24,9	1,73
268	55,6	28,3	25,9	1,86
269	57,2	27,1	25,0	1,97
270	58,8	28,3	25,9	2,23
271	60,4	27,1	25,3	2,53
272	62,0	28,3	26,2	2,77
273	63,6	27,1	25,6	3,15
274	65,2	28,3	26,5	3,60

275	66,8	27,1	25,9	4,36
276	68,4	28,3	18,5	3,94
277	70,0	27,1	17,7	3,88
278	71,6	28,3	18,6	3,93
279	73,2	27,1	17,3	3,99
280	74,8	28,3	25,4	5,33
281	76,4	27,1	18,2	4,78
282	78,0	28,3	17,9	1,77
283	79,6	27,1	16,1	0,72
284	81,2	28,3	15,8	0,72
285	82,8	27,1	13,9	0,86
286	84,4	28,3	15,8	1,07
287	86,0	27,1	14,3	1,22
288	87,6	28,3	17,5	1,53
289	89,1	27,1	14,0	1,87
290	90,7	28,3	13,8	1,60
291	92,3	27,1	13,6	1,57
292	93,9	28,3	13,4	1,12
293	4,5	30,6	28,8	0,39
294	6,1	29,5	27,8	0,38
295	7,7	30,6	28,1	0,37
296	9,3	29,5	26,0	0,32
297	10,9	30,6	26,2	0,31
298	12,5	29,5	25,4	0,47
299	14,1	30,6	25,4	0,45
300	15,7	29,5	23,2	0,29
301	17,3	30,6	24,3	0,50
302	18,9	29,5	23,2	0,47
303	20,5	30,6	24,3	0,59
304	22,1	29,5	22,6	0,58
305	23,7	30,6	23,1	0,38
306	25,3	29,5	21,4	0,71
307	26,9	30,6	23,7	1,03
308	28,5	29,5	22,1	1,13
309	30,1	30,6	22,6	1,31
310	31,7	29,5	31,4	1,20
311	33,3	30,6	30,3	1,35
312	34,9	29,5	29,0	1,44
313	36,5	30,6	32,2	1,30
314	38,0	29,5	31,0	1,43
315	39,6	30,6	32,0	1,40
316	41,2	29,5	28,1	1,44
317	42,8	30,6	28,9	1,47
318	44,4	29,5	21,8	1,47
319	46,0	30,6	22,4	1,32
320	47,6	29,5	20,9	1,23
321	49,2	30,6	21,5	1,45
322	50,8	29,5	26,8	1,73
323	52,4	30,6	27,8	1,78
324	54,0	29,5	26,9	1,80
325	55,6	30,6	27,9	1,88
326	57,2	29,5	26,8	1,99
327	58,8	30,6	27,8	2,21
328	60,4	29,5	26,8	2,54
329	62,0	30,6	27,8	2,75
330	63,6	29,5	27,1	3,12
331	65,2	30,6	27,9	3,63
332	66,8	29,5	27,4	4,55
333	68,4	30,6	21,9	4,96

334	70,0	29,5	30,6	5,47
335	71,6	30,6	22,4	5,57
336	73,2	29,5	19,1	3,57
337	74,8	30,6	21,3	3,90
338	76,4	29,5	19,7	2,84
339	78,0	30,6	19,4	0,58
340	79,6	29,5	17,6	0,64
341	81,2	30,6	19,5	1,00
342	82,8	29,5	17,7	1,09
343	84,4	30,6	17,4	1,15
344	86,0	29,5	19,5	1,37
345	87,6	30,6	17,2	1,52
346	89,1	29,5	15,3	1,65
347	90,7	30,6	16,9	1,48
348	92,3	29,5	15,1	1,29
349	1,3	32,9	31,9	1,17
350	2,9	31,8	30,8	0,56
351	4,5	32,9	31,1	0,42
352	6,1	31,8	30,1	0,41
353	7,7	32,9	30,4	0,40
354	9,3	31,8	28,3	0,37
355	10,9	32,9	28,5	0,35
356	12,5	31,8	26,3	0,24
357	14,1	32,9	27,7	0,48
358	15,7	31,8	25,4	0,31
359	17,3	32,9	26,7	0,38
360	18,9	31,8	25,5	0,50
361	20,5	32,9	26,3	0,57
362	22,1	31,8	24,7	0,51
363	23,7	32,9	25,1	0,25
364	25,3	31,8	23,5	0,77
365	26,9	32,9	25,8	1,00
366	28,5	31,8	24,2	1,04
367	30,1	32,9	34,9	1,18
368	31,7	31,8	33,7	1,24
369	33,3	32,9	32,5	1,34
370	34,9	31,8	33,5	1,29
371	36,5	32,9	32,0	1,43
372	38,0	31,8	33,3	1,42
373	39,6	32,9	34,3	1,40
374	41,2	31,8	33,0	1,48
375	42,8	32,9	31,1	1,63
376	44,4	31,8	23,8	1,50
377	46,0	32,9	24,4	1,27
378	47,6	31,8	22,9	1,30
379	49,2	32,9	23,5	1,61
380	50,8	31,8	28,9	1,80
381	52,4	32,9	29,8	1,85
382	54,0	31,8	28,8	1,92
383	55,6	32,9	29,8	1,95
384	57,2	31,8	28,8	2,00
385	58,8	32,9	29,8	2,20
386	60,4	31,8	28,7	2,52
387	62,0	32,9	29,7	2,78
388	63,6	31,8	28,8	3,16
389	65,2	32,9	29,7	3,61
390	66,8	31,8	21,8	4,05
391	68,4	32,9	33,3	4,73
392	70,0	31,8	22,5	4,00

393	71,6	32,9	32,2	5,27
394	73,2	31,8	21,8	4,02
395	74,8	32,9	24,1	4,48
396	76,4	31,8	20,7	0,53
397	78,0	32,9	22,6	1,93
398	79,6	31,8	21,4	1,70
399	81,2	32,9	21,1	0,95
400	82,8	31,8	19,2	0,93
401	84,4	32,9	22,9	1,27
402	86,0	31,8	21,0	1,43
403	87,6	32,9	20,7	1,61
404	89,1	31,8	18,8	1,74
405	92,3	31,8	16,9	1,15
406	1,3	35,3	34,2	1,18
407	2,9	34,1	33,1	0,42
408	4,5	35,3	33,4	0,32
409	6,1	34,1	31,3	0,25
410	7,7	35,3	31,5	0,23
411	9,3	34,1	30,6	0,41
412	10,9	35,3	30,7	0,39
413	12,5	34,1	28,6	0,27
414	14,1	35,3	29,9	0,38
415	15,7	34,1	27,6	0,33
416	17,3	35,3	29,0	0,41
417	18,9	34,1	27,8	0,54
418	20,5	35,3	28,4	0,50
419	22,1	34,1	26,8	0,41
420	23,7	35,3	28,9	0,96
421	25,3	34,1	27,3	1,00
422	26,9	35,3	27,9	0,87
423	28,5	34,1	26,3	0,96
424	30,1	35,3	37,2	1,17
425	31,7	34,1	36,0	1,23
426	33,3	35,3	34,7	1,37
427	34,9	34,1	33,3	1,40
428	36,5	35,3	36,7	1,29
429	38,0	34,1	35,5	1,40
430	39,6	35,3	36,5	1,40
431	41,2	34,1	32,4	1,47
432	42,8	35,3	36,3	1,51
433	44,4	34,1	25,9	1,42
434	46,0	35,3	26,5	1,33
435	47,6	34,1	25,0	1,39
436	49,2	35,3	35,8	1,68
437	50,8	34,1	31,1	1,83
438	52,4	35,3	32,0	1,88
439	54,0	34,1	30,6	1,93
440	55,6	35,3	31,5	2,02
441	57,2	34,1	30,8	2,01
442	58,8	35,3	31,8	2,28
443	60,4	34,1	30,7	2,60
444	62,0	35,3	31,7	2,95
445	63,6	34,1	30,6	3,24
446	65,2	35,3	31,5	3,66
447	66,8	34,1	30,6	4,50
448	68,4	35,3	31,5	5,37
449	70,0	34,1	33,8	4,87
450	71,6	35,3	25,7	4,12
451	73,2	34,1	24,9	4,03

452	74,8	35,3	24,3	0,51
453	76,4	34,1	29,1	4,13
454	78,0	35,3	25,7	2,93
455	79,6	34,1	22,1	0,73
456	81,2	35,3	24,0	1,09
457	82,8	34,1	20,8	1,05
458	84,4	35,3	22,5	1,15
459	86,0	34,1	20,8	1,37
460	87,6	35,3	22,5	1,60
461	89,1	34,1	20,6	1,47
462	90,7	35,3	20,7	1,37
463	2,9	36,4	34,4	0,38
464	4,5	37,6	35,7	0,36
465	6,1	36,4	33,6	0,31
466	7,7	37,6	33,8	0,29
467	9,3	36,4	32,8	0,44
468	10,9	37,6	33,0	0,42
469	12,5	36,4	30,8	0,31
470	14,1	37,6	32,2	0,40
471	15,7	36,4	29,9	0,34
472	17,3	37,6	31,2	0,43
473	18,9	36,4	30,0	0,53
474	20,5	37,6	30,5	0,41
475	22,1	36,4	28,8	0,29
476	23,7	37,6	31,0	0,90
477	25,3	36,4	29,4	0,91
478	26,9	37,6	30,0	0,80
479	28,5	36,4	28,4	1,17
480	30,1	37,6	39,4	1,20
481	31,7	36,4	38,2	1,23
482	33,3	37,6	36,9	1,35
483	34,9	36,4	38,0	1,24
484	36,5	37,6	39,0	1,30
485	38,0	36,4	37,8	1,40
486	39,6	37,6	35,9	1,46
487	41,2	36,4	34,6	1,48
488	42,8	37,6	38,5	1,51
489	44,4	36,4	27,9	1,37
490	46,0	37,6	28,5	1,40
491	47,6	36,4	27,0	1,50
492	49,2	37,6	38,1	1,68
493	50,8	36,4	33,3	1,85
494	52,4	37,6	34,1	1,91
495	54,0	36,4	32,8	1,95
496	55,6	37,6	33,7	2,04
497	57,2	36,4	32,4	2,13
498	58,8	37,6	33,3	2,32
499	60,4	36,4	32,8	2,56
500	62,0	37,6	33,8	2,90
501	63,6	36,4	32,6	3,08
502	65,2	37,6	33,6	3,57
503	66,8	36,4	32,4	4,37
504	68,4	37,6	36,6	3,16
505	70,0	36,4	34,8	3,84
506	71,6	37,6	34,1	5,07
507	73,2	36,4	28,7	5,36
508	74,8	37,6	28,3	3,71
509	76,4	36,4	27,0	3,34
510	78,0	37,6	26,5	0,79

511	79,6	36,4	25,3	0,97
512	81,2	37,6	24,9	0,92
513	82,8	36,4	23,7	1,03
514	84,4	37,6	25,8	1,38
515	2,9	38,7	36,7	0,43
516	4,5	39,9	38,0	0,40
517	6,1	38,7	35,9	0,36
518	7,7	39,9	36,1	0,34
519	9,3	38,7	33,9	0,23
520	10,9	39,9	35,3	0,46
521	12,5	38,7	33,1	0,34
522	14,1	39,9	34,5	0,42
523	15,7	38,7	32,2	0,35
524	17,3	39,9	33,5	0,43
525	18,9	38,7	32,1	0,48
526	20,5	39,9	32,5	0,31
527	22,1	38,7	32,6	0,91
528	23,7	39,9	33,1	0,88
529	25,3	38,7	31,5	0,85
530	26,9	39,9	32,0	0,80
531	28,5	38,7	40,7	1,13
532	30,1	39,9	39,5	1,30
533	31,7	38,7	38,2	1,31
534	33,3	39,9	41,5	1,28
535	34,9	38,7	40,2	1,25
536	36,5	39,9	38,6	1,43
537	38,0	38,7	37,3	1,43
538	39,6	39,9	38,1	1,44
539	41,2	38,7	39,8	1,48
540	42,8	39,9	40,8	1,52
541	44,4	38,7	30,0	1,41
542	46,0	39,9	30,6	1,49
543	47,6	38,7	39,3	1,66
544	49,2	39,9	36,8	1,87
545	50,8	38,7	39,1	1,76
546	52,4	39,9	36,3	1,99
547	54,0	38,7	35,0	1,97
548	55,6	39,9	35,9	2,11
549	57,2	38,7	34,6	2,15
550	58,8	39,9	35,4	2,48
551	60,4	38,7	34,3	2,74
552	62,0	39,9	35,3	3,03
553	63,6	38,7	34,7	3,15
554	65,2	39,9	35,7	3,45
555	66,8	38,7	34,4	4,39
556	68,4	39,9	29,8	3,90
557	70,0	38,7	35,9	4,18
558	71,6	39,9	31,4	4,77
559	73,2	38,7	29,8	4,07
560	74,8	39,9	29,4	4,05
561	76,4	38,7	27,9	0,65
562	78,0	39,9	27,6	0,73
563	79,6	38,7	26,1	0,82
564	84,4	39,9	27,1	1,18
565	86,0	38,7	25,6	1,33
566	1,3	42,2	41,2	1,24
567	2,9	41,1	39,0	0,28
568	4,5	42,2	39,2	0,25
569	6,1	41,1	38,2	0,32

570	7,7	42,2	38,4	0,38
571	9,3	41,1	36,2	0,28
572	10,9	42,2	37,6	0,49
573	12,5	41,1	35,4	0,37
574	14,1	42,2	36,7	0,44
575	15,7	41,1	34,4	0,37
576	17,3	42,2	35,6	0,39
577	18,9	41,1	34,2	0,40
578	20,5	42,2	36,2	0,83
579	22,1	41,1	34,7	0,87
580	23,7	42,2	35,2	0,85
581	25,3	41,1	33,6	0,80
582	26,9	42,2	33,9	1,14
583	28,5	41,1	40,8	1,20
584	30,1	42,2	43,9	1,20
585	31,7	41,1	42,7	1,24
586	33,3	42,2	41,2	1,34
587	34,9	41,1	39,9	1,40
588	36,5	42,2	43,5	1,29
589	38,0	41,1	42,3	1,39
590	39,6	42,2	40,3	1,54
591	41,2	41,1	42,0	1,48
592	42,8	42,2	43,0	1,53
593	44,4	41,1	32,0	1,50
594	46,0	42,2	32,6	1,65
595	47,6	41,1	38,1	1,78
596	49,2	42,2	42,6	1,70
597	50,8	41,1	41,4	1,75
598	52,4	42,2	38,5	2,01
599	54,0	41,1	37,2	1,98
600	55,6	42,2	38,1	2,10
601	57,2	41,1	36,7	2,18
602	58,8	42,2	37,6	2,49
603	60,4	41,1	36,3	2,83
604	62,0	42,2	37,2	3,16
605	63,6	41,1	36,3	3,18
606	65,2	42,2	41,3	3,44
607	66,8	41,1	39,8	3,53
608	68,4	42,2	39,2	3,59
609	70,0	41,1	37,3	4,64
610	71,6	42,2	32,9	3,37
611	73,2	41,1	31,0	4,09
612	76,4	41,1	29,1	0,66
613	79,6	41,1	30,6	1,75
614	81,2	42,2	30,5	1,18
615	-0,3	43,4	42,3	0,42
616	1,3	44,5	43,5	0,43
617	2,9	43,4	41,3	0,34
618	4,5	44,5	41,5	0,31
619	6,1	43,4	40,5	0,44
620	7,7	44,5	40,7	0,42
621	9,3	43,4	38,5	0,32
622	10,9	44,5	39,9	0,40
623	12,5	43,4	37,7	0,40
624	14,1	44,5	39,0	0,46
625	15,7	43,4	36,7	0,38
626	17,3	44,5	37,6	0,44
627	18,9	43,4	36,2	0,31
628	20,5	44,5	38,3	0,82

629	22,1	43,4	36,8	0,85
630	23,7	44,5	37,2	0,70
631	25,3	43,4	35,5	0,32
632	26,9	44,5	35,8	1,24
633	28,5	43,4	45,2	1,13
634	30,1	44,5	46,2	1,20
635	31,7	43,4	42,5	1,35
636	33,3	44,5	46,0	1,30
637	34,9	43,4	44,7	1,26
638	36,5	44,5	43,0	1,49
639	38,0	43,4	41,6	1,43
640	39,6	44,5	45,5	1,45
641	41,2	43,4	44,3	1,48
642	42,8	44,5	42,0	1,66
643	44,4	43,4	34,1	1,63
644	46,0	44,5	41,6	1,71
645	47,6	43,4	43,8	1,70
646	49,2	44,5	44,8	1,71
647	50,8	43,4	43,6	1,74
648	52,4	44,5	40,7	2,02
649	54,0	43,4	39,4	2,00
650	55,6	44,5	40,2	2,24
651	57,2	43,4	38,9	2,20
652	58,8	44,5	39,8	2,43
653	60,4	43,4	38,5	2,91
654	62,0	44,5	43,9	3,06
655	63,6	43,4	42,7	3,17
656	65,2	44,5	37,7	5,50
657	66,8	43,4	40,8	3,34
658	68,4	44,5	40,3	4,07
659	70,0	43,4	34,8	4,59
660	71,6	44,5	34,5	3,97
661	73,2	43,4	32,5	0,57
662	74,8	44,5	36,0	4,14
663	76,4	43,4	34,1	3,32
664	79,6	43,4	32,1	1,11
665	81,2	44,5	32,0	1,01
666	82,8	43,4	30,4	1,15
667	1,3	46,9	44,7	0,25
668	2,9	45,7	43,6	0,38
669	4,5	46,9	43,8	0,36
670	6,1	45,7	41,7	0,25
671	7,7	46,9	43,0	0,46
672	9,3	45,7	40,8	0,36
673	10,9	46,9	42,1	0,43
674	12,5	45,7	40,0	0,42
675	14,1	46,9	41,3	0,48
676	15,7	45,7	39,0	0,39
677	17,3	46,9	41,1	0,66
678	18,9	45,7	39,8	0,77
679	20,5	46,9	40,4	0,78
680	22,1	45,7	38,8	0,74
681	23,7	46,9	39,1	0,30
682	25,3	45,7	37,5	1,05
683	26,9	46,9	48,7	1,13
684	28,5	45,7	47,4	1,16
685	30,1	46,9	46,0	1,30
686	31,7	45,7	47,2	1,21
687	33,3	46,9	48,2	1,31

688	34,9	45,7	47,0	1,27
689	36,5	46,9	48,0	1,29
690	38,0	45,7	46,8	1,39
691	39,6	46,9	47,8	1,46
692	41,2	45,7	46,5	1,47
693	42,8	46,9	44,2	1,67
694	44,4	45,7	46,3	1,57
695	46,0	46,9	47,3	1,63
696	47,6	45,7	46,1	1,71
697	49,2	46,9	43,3	1,98
698	50,8	45,7	42,0	2,10
699	52,4	46,9	42,9	2,04
700	54,0	45,7	41,6	2,02
701	55,6	46,9	42,4	2,26
702	57,2	45,7	41,1	2,23
703	58,8	46,9	42,0	2,49
704	60,4	45,7	45,2	2,79
705	62,0	46,9	41,5	3,12
706	63,6	45,7	44,4	2,62
707	65,2	46,9	39,2	4,90
708	66,8	45,7	41,9	3,34
709	68,4	46,9	36,9	3,86
710	70,0	45,7	35,7	3,88
711	71,6	46,9	39,6	5,34
712	74,8	46,9	37,7	3,55
713	76,4	45,7	35,8	2,37
714	78,0	46,9	35,6	1,00
715	79,6	45,7	33,7	0,90
716	81,2	46,9	33,7	1,12
717	82,8	45,7	32,0	1,36
718	-1,9	49,2	48,1	0,44
719	1,3	49,2	47,1	0,31
720	2,9	48,0	46,0	0,42
721	4,5	49,2	46,1	0,40
722	6,1	48,0	44,0	0,30
723	7,7	49,2	45,3	0,39
724	9,3	48,0	43,1	0,40
725	10,9	49,2	44,4	0,46
726	12,5	48,0	42,2	0,45
727	14,1	49,2	43,6	0,50
728	15,7	48,0	42,4	0,60
729	17,3	49,2	43,2	0,64
730	18,9	48,0	41,8	0,72
731	20,5	49,2	42,4	0,68
732	22,1	48,0	40,7	0,64
733	23,7	49,2	41,0	0,98
734	25,3	48,0	49,9	1,10
735	26,9	49,2	41,9	1,14
736	28,5	48,0	47,4	1,31
737	30,1	49,2	50,7	1,20
738	31,7	48,0	49,5	1,21
739	33,3	49,2	47,8	1,37
740	34,9	48,0	46,5	1,40
741	36,5	49,2	50,3	1,30
742	38,0	48,0	49,0	1,40
743	39,6	49,2	46,9	1,69
744	41,2	48,0	45,5	1,61
745	42,8	49,2	49,8	1,55
746	44,4	48,0	48,6	1,58

747	46,0	49,2	46,0	1,84
748	47,6	48,0	44,6	1,83
749	49,2	49,2	49,3	1,75
750	50,8	48,0	48,1	1,97
751	52,4	49,2	45,1	2,14
752	54,0	48,0	43,7	2,04
753	55,6	49,2	44,6	2,28
754	57,2	48,0	43,3	2,43
755	58,8	49,2	44,2	2,51
756	60,4	48,0	42,8	2,89
757	62,0	49,2	43,1	3,59
758	63,6	48,0	45,8	2,90
759	65,2	49,2	45,3	3,11
760	66,8	48,0	38,7	3,98
761	70,0	48,0	41,2	5,46
762	73,2	48,0	39,3	4,23
763	74,8	49,2	39,2	2,37
764	76,4	48,0	37,5	1,81
765	78,0	49,2	37,5	0,86
766	79,6	48,0	35,6	0,96
767	-1,9	51,5	50,5	0,29
768	-0,3	50,3	49,3	1,20
769	1,3	51,5	49,4	0,36
770	2,9	50,3	47,2	0,25
771	4,5	51,5	48,4	0,44
772	6,1	50,3	46,3	0,35
773	7,7	51,5	47,6	0,42
774	9,3	50,3	45,4	0,43
775	10,9	51,5	46,7	0,48
776	12,5	50,3	44,5	0,47
777	14,1	51,5	45,8	0,52
778	15,7	50,3	44,5	0,58
779	17,3	51,5	45,2	0,60
780	18,9	50,3	43,8	0,64
781	20,5	51,5	44,2	0,43
782	22,1	50,3	42,6	0,28
783	23,7	51,5	42,9	1,05
784	25,3	50,3	43,5	1,17
785	26,9	51,5	43,9	0,97
786	28,5	50,3	51,9	1,16
787	30,1	51,5	50,4	1,34
788	31,7	50,3	49,1	1,38
789	33,3	51,5	52,7	1,32
790	34,9	50,3	51,5	1,25
791	36,5	51,5	49,5	1,55
792	38,0	50,3	48,2	1,52
793	39,6	51,5	52,3	1,47
794	41,2	50,3	51,0	1,47
795	42,8	51,5	48,6	1,70
796	44,4	50,3	47,3	1,77
797	46,0	51,5	51,8	1,67
798	47,6	50,3	50,6	1,73
799	49,2	51,5	43,8	2,11
800	50,8	50,3	46,4	2,21
801	52,4	51,5	51,4	2,19
802	54,0	50,3	45,9	2,26
803	55,6	51,5	46,8	2,43
804	57,2	50,3	45,5	2,31
805	58,8	51,5	46,3	2,61

806	60,4	50,3	49,7	2,81
807	62,0	51,5	44,6	3,50
808	63,6	50,3	47,3	2,95
809	65,2	51,5	42,3	4,15
810	66,8	50,3	44,9	3,83
811	71,6	51,5	42,4	3,57
812	73,2	50,3	40,7	2,77
813	74,8	51,5	40,6	0,77
814	76,4	50,3	39,1	0,89
815	79,6	50,3	37,5	1,03
816	-0,3	52,7	50,5	0,21
817	1,3	53,8	51,7	0,40
818	2,9	52,7	49,5	0,31
819	4,5	53,8	50,7	0,47
820	6,1	52,7	48,6	0,39
821	7,7	53,8	48,7	0,28
822	9,3	52,7	47,7	0,46
823	10,9	53,8	47,8	0,30
824	12,5	52,7	46,8	0,36
825	14,1	53,8	47,9	0,48
826	15,7	52,7	46,6	0,53
827	17,3	53,8	47,0	0,42
828	18,9	52,7	45,6	0,43
829	20,5	53,8	48,0	1,01
830	22,1	52,7	44,6	0,93
831	23,7	53,8	47,0	1,08
832	25,3	52,7	45,4	1,10
833	26,9	53,8	55,4	1,14
834	28,5	52,7	54,2	1,16
835	30,1	53,8	55,2	1,18
836	31,7	52,7	54,0	1,23
837	33,3	53,8	55,0	1,33
838	34,9	52,7	50,8	1,52
839	36,5	53,8	54,8	1,31
840	38,0	52,7	53,5	1,41
841	39,6	53,8	51,2	1,71
842	41,2	52,7	49,9	1,69
843	42,8	53,8	54,3	1,55
844	44,4	52,7	53,1	1,60
845	46,0	53,8	50,3	1,87
846	47,6	52,7	49,0	1,92
847	49,2	53,8	49,9	2,09
848	50,8	52,7	52,6	1,88
849	52,4	53,8	53,6	1,98
850	54,0	52,7	52,4	2,02
851	55,6	53,8	49,0	2,45
852	57,2	52,7	47,7	2,44
853	58,8	53,8	53,2	2,38
854	60,4	52,7	46,6	3,48
855	62,0	53,8	50,8	2,59
856	63,6	52,7	48,9	3,04
857	65,2	53,8	48,5	3,43
858	66,8	52,7	46,5	4,41
859	68,4	53,8	46,3	5,13
860	70,0	52,7	44,3	4,55
861	71,6	53,8	44,1	2,69
862	73,2	52,7	42,2	3,79
863	76,4	52,7	40,6	0,84
864	-3,5	55,0	54,0	0,45

865	-1,9	56,1	55,1	0,38
866	-0,3	55,0	52,8	0,28
867	1,3	56,1	54,0	0,44
868	2,9	55,0	51,8	0,35
869	4,5	56,1	52,0	0,27
870	6,1	55,0	50,9	0,43
871	7,7	56,1	51,1	0,32
872	9,3	55,0	50,0	0,37
873	10,9	56,1	50,1	0,32
874	12,5	55,0	49,1	0,38
875	14,1	56,1	49,9	0,40
876	15,7	55,0	48,5	0,41
877	17,3	56,1	48,9	0,35
878	18,9	55,0	47,5	0,31
879	20,5	56,1	49,9	0,99
880	22,1	55,0	48,6	1,04
881	23,7	56,1	49,0	0,93
882	25,3	55,0	47,4	0,89
883	26,9	56,1	55,2	1,30
884	28,5	55,0	53,9	1,34
885	30,1	56,1	57,5	1,19
886	31,7	55,0	56,2	1,24
887	33,3	56,1	54,3	1,53
888	34,9	55,0	56,0	1,34
889	36,5	56,1	57,0	1,31
890	38,0	55,0	55,8	1,41
891	39,6	56,1	53,4	1,71
892	41,2	55,0	55,5	1,52
893	42,8	56,1	56,6	1,55
894	44,4	55,0	55,3	1,66
895	46,0	56,1	52,5	1,89
896	47,6	55,0	51,2	1,95
897	49,2	56,1	56,1	1,85
898	50,8	55,0	54,9	1,88
899	52,4	56,1	51,6	2,34
900	54,0	55,0	50,3	2,41
901	55,6	56,1	55,7	2,18
902	57,2	55,0	54,4	2,27
903	58,8	56,1	50,1	2,92
904	60,4	55,0	48,1	3,30
905	62,0	56,1	52,4	2,83
906	63,6	55,0	50,4	3,10
907	68,4	56,1	48,0	4,78
908	73,2	55,0	44,0	0,72
909	74,8	56,1	43,9	0,81
910	-3,5	57,3	56,3	0,28
911	-0,3	57,3	55,2	0,33
912	1,3	58,5	55,3	0,25
913	2,9	57,3	54,1	0,40
914	4,5	58,5	54,3	0,31
915	6,1	57,3	53,2	0,46
916	7,7	58,5	53,4	0,35
917	9,3	57,3	52,3	0,39
918	10,9	58,5	52,4	0,35
919	12,5	57,3	51,4	0,38
920	14,1	58,5	51,8	0,38
921	15,7	57,3	50,3	0,37
922	17,3	58,5	52,5	0,76
923	18,9	57,3	51,2	0,85

924	20,5	58,5	51,8	0,87
925	22,1	57,3	50,5	0,99
926	23,7	58,5	51,0	0,77
927	25,3	57,3	49,4	0,27
928	26,9	58,5	59,9	1,15
929	28,5	57,3	58,7	1,17
930	30,1	58,5	57,0	1,38
931	31,7	57,3	55,6	1,43
932	33,3	58,5	59,5	1,36
933	34,9	57,3	58,2	1,34
934	36,5	58,5	56,1	1,58
935	38,0	57,3	54,7	1,67
936	39,6	58,5	59,0	1,47
937	41,2	57,3	57,8	1,53
938	42,8	58,5	55,2	1,79
939	44,4	57,3	53,8	1,83
940	46,0	58,5	58,6	1,66
941	47,6	57,3	57,3	1,72
942	49,2	58,5	50,1	2,08
943	50,8	57,3	52,9	2,25
944	52,4	58,5	58,1	1,92
945	54,0	57,3	56,9	2,02
946	55,6	58,5	53,3	2,69
947	57,2	57,3	52,0	2,66
948	58,8	58,5	51,7	3,12
949	60,4	57,3	54,4	2,46
950	62,0	58,5	49,4	4,93
951	63,6	57,3	52,1	3,45
952	65,2	58,5	51,8	4,24
953	68,4	58,5	49,7	3,97
954	70,0	57,3	47,8	2,85
955	71,6	58,5	47,7	0,70
956	-3,5	59,6	58,6	0,34
957	-1,9	60,8	58,7	0,25
958	-0,3	59,6	57,5	0,38
959	1,3	60,8	57,6	0,30
960	2,9	59,6	56,5	0,43
961	4,5	60,8	56,6	0,35
962	6,1	59,6	55,5	0,38
963	7,7	60,8	55,7	0,39
964	9,3	59,6	54,6	0,42
965	10,9	60,8	54,8	0,37
966	12,5	59,6	53,3	0,38
967	14,1	60,8	55,1	0,63
968	15,7	59,6	53,8	0,68
969	17,3	60,8	54,4	0,68
970	18,9	59,6	53,1	0,78
971	20,5	60,8	53,7	0,73
972	22,1	59,6	52,5	0,84
973	23,7	60,8	52,9	0,26
974	25,3	59,6	61,2	1,13
975	26,9	60,8	59,6	1,31
976	28,5	59,6	58,3	1,39
977	30,1	60,8	62,0	1,21
978	31,7	59,6	60,7	1,25
979	33,3	60,8	58,7	1,54
980	34,9	59,6	57,4	1,54
981	36,5	60,8	61,5	1,33
982	38,0	59,6	60,3	1,43

983	39,6	60,8	57,8	1,73
984	41,2	59,6	56,5	1,76
985	42,8	60,8	61,1	1,56
986	44,4	59,6	59,8	1,67
987	46,0	60,8	56,9	2,03
988	47,6	59,6	55,6	2,03
989	49,2	60,8	60,6	1,87
990	50,8	59,6	59,4	1,95
991	52,4	60,8	51,6	2,34
992	54,0	59,6	54,7	2,62
993	55,6	60,8	60,2	2,14
994	57,2	59,6	53,6	2,75
995	58,8	60,8	53,3	3,19
996	60,4	59,6	51,4	3,91
997	62,0	60,8	51,1	4,25
998	63,6	59,6	53,8	3,37
999	65,2	60,8	53,6	4,46
1000	68,4	60,8	51,5	2,93
1001	70,0	59,6	49,6	3,99
1002	73,2	59,6	47,7	0,78
1003	-5,1	63,1	62,2	0,28
1004	-3,5	61,9	61,0	0,38
1005	-1,9	63,1	61,0	0,31
1006	-0,3	61,9	59,8	0,42
1007	1,3	63,1	59,9	0,35
1008	2,9	61,9	58,8	0,47
1009	4,5	63,1	58,9	0,39
1010	6,1	61,9	57,8	0,41
1011	7,7	63,1	58,0	0,42
1012	9,3	61,9	56,9	0,44
1013	10,9	63,1	57,9	0,52
1014	12,5	61,9	56,5	0,58
1015	14,1	63,1	57,1	0,53
1016	15,7	61,9	55,7	0,62
1017	17,3	63,1	56,3	0,59
1018	18,9	61,9	55,0	0,66
1019	20,5	63,1	55,7	0,38
1020	22,1	61,9	54,4	0,65
1021	23,7	63,1	64,7	1,13
1022	25,3	61,9	60,9	1,31
1023	26,9	63,1	64,4	1,16
1024	28,5	61,9	63,2	1,18
1025	30,1	63,1	64,2	1,22
1026	31,7	61,9	60,0	1,49
1027	33,3	63,1	64,0	1,33
1028	34,9	61,9	62,8	1,35
1029	36,5	63,1	57,1	1,70
1030	38,0	61,9	59,1	1,74
1031	39,6	63,1	63,5	1,48
1032	41,2	61,9	62,3	1,54
1033	42,8	63,1	59,5	1,99
1034	44,4	61,9	58,2	2,02
1035	46,0	63,1	63,1	1,67
1036	47,6	61,9	61,8	1,76
1037	49,2	63,1	54,4	1,98
1038	50,8	61,9	53,0	2,04
1039	52,4	63,1	62,6	1,92
1040	54,0	61,9	61,4	2,04
1041	55,6	63,1	57,2	2,70

1042	57,2	61,9	59,9	2,32
1043	58,8	63,1	55,0	3,44
1044	60,4	61,9	57,6	2,52
1045	62,0	63,1	57,4	3,46
1046	65,2	63,1	55,3	4,73
1047	68,4	63,1	53,3	4,03
1048	-5,1	65,4	64,5	0,33
1049	-3,5	64,3	63,3	0,41
1050	-1,9	65,4	63,3	0,35
1051	-0,3	64,3	62,1	0,45
1052	1,3	65,4	62,2	0,39
1053	2,9	64,3	61,1	0,40
1054	4,5	65,4	61,2	0,43
1055	6,1	64,3	60,2	0,44
1056	7,7	65,4	60,3	0,45
1057	9,3	64,3	59,2	0,46
1058	10,9	65,4	59,9	0,45
1059	12,5	64,3	58,5	0,49
1060	14,1	65,4	59,0	0,42
1061	15,7	64,3	57,7	0,46
1062	17,3	65,4	58,3	0,34
1063	18,9	64,3	57,0	0,36
1064	20,5	65,4	66,4	1,12
1065	22,1	64,3	56,3	1,08
1066	23,7	65,4	56,9	1,25
1067	25,3	64,3	63,1	1,41
1068	26,9	65,4	66,7	1,17
1069	28,5	64,3	65,5	1,17
1070	30,1	65,4	63,5	1,43
1071	31,7	64,3	62,2	1,57
1072	33,3	65,4	66,2	1,33
1073	34,9	64,3	65,0	1,36
1074	36,5	65,4	59,2	1,71
1075	38,0	64,3	64,8	1,44
1076	39,6	65,4	65,8	1,49
1077	41,2	64,3	64,6	1,55
1078	42,8	65,4	61,7	1,96
1079	44,4	64,3	60,4	2,03
1080	46,0	65,4	65,3	1,74
1081	47,6	64,3	64,1	1,79
1082	49,2	65,4	56,5	1,92
1083	50,8	64,3	55,1	2,15
1084	52,4	65,4	64,9	1,96
1085	54,0	64,3	63,6	2,04
1086	55,6	65,4	58,8	2,69
1087	57,2	64,3	56,9	2,97
1088	58,8	65,4	61,3	2,66
1089	60,4	64,3	54,7	4,42
1090	63,6	64,3	57,2	3,79
1091	65,2	65,4	57,1	4,46
1092	68,4	65,4	55,2	3,83
1093	70,0	64,3	53,3	0,71
1094	-5,1	67,7	66,8	0,37
1095	-3,5	66,6	64,5	0,22
1096	-1,9	67,7	65,6	0,39
1097	-0,3	66,6	63,4	0,25
1098	1,3	67,7	64,5	0,43
1099	2,9	66,6	62,3	0,27
1100	4,5	67,7	63,6	0,46

1101	6,1	66,6	61,4	0,28
1102	7,7	67,7	62,6	0,35
1103	9,3	66,6	61,3	0,42
1104	10,9	67,7	61,8	0,37
1105	12,5	66,6	60,4	0,39
1106	14,1	67,7	61,0	0,43
1107	15,7	66,6	59,6	0,32
1108	17,3	67,7	62,2	0,98
1109	18,9	66,6	61,0	1,09
1110	20,5	67,7	59,5	1,04
1111	22,1	66,6	67,8	1,11
1112	23,7	67,7	69,2	1,14
1113	25,3	66,6	67,9	1,15
1114	26,9	67,7	68,9	1,17
1115	28,5	66,6	59,1	1,39
1116	30,1	67,7	68,7	1,24
1117	31,7	66,6	67,5	1,29
1118	33,3	67,7	62,0	1,67
1119	34,9	66,6	60,6	1,68
1120	36,5	67,7	68,3	1,39
1121	38,0	66,6	67,0	1,44
1122	39,6	67,7	68,0	1,49
1123	41,2	66,6	63,0	1,89
1124	42,8	67,7	67,8	1,56
1125	44,4	66,6	66,6	1,64
1126	46,0	67,7	59,3	1,90
1127	47,6	66,6	57,9	1,81
1128	49,2	67,7	67,4	1,84
1129	50,8	66,6	66,1	1,94
1130	52,4	67,7	67,1	1,96
1131	54,0	66,6	65,4	2,06
1132	55,6	67,7	60,5	2,71
1133	57,2	66,6	63,2	2,32
1134	58,8	67,7	63,0	2,52
1135	60,4	66,6	61,1	3,06
1136	62,0	67,7	60,9	3,49
1137	65,2	67,7	58,9	4,02
1138	66,8	66,6	57,1	4,05
1139	-3,5	68,9	66,8	0,28
1140	-1,9	70,1	67,9	0,43
1141	-0,3	68,9	65,7	0,18
1142	1,3	70,1	66,9	0,46
1143	2,9	68,9	64,7	0,31
1144	4,5	70,1	65,9	0,38
1145	6,1	68,9	63,7	0,31
1146	7,7	70,1	64,7	0,44
1147	9,3	68,9	63,3	0,47
1148	10,9	70,1	63,8	0,38
1149	12,5	68,9	62,4	0,40
1150	14,1	70,1	64,7	0,80
1151	15,7	68,9	63,4	0,86
1152	17,3	70,1	64,2	0,90
1153	18,9	68,9	63,0	1,04
1154	20,5	70,1	63,8	1,11
1155	22,1	68,9	69,9	1,12
1156	23,7	70,1	71,3	1,14
1157	25,3	68,9	70,2	1,16
1158	26,9	70,1	71,2	1,18
1159	28,5	68,9	70,0	1,19

1160	30,1	70,1	71,0	1,25
1161	31,7	68,9	69,7	1,35
1162	33,3	70,1	70,7	1,34
1163	34,9	68,9	69,5	1,43
1164	36,5	70,1	70,5	1,43
1165	38,0	68,9	62,0	1,80
1166	39,6	70,1	70,3	1,50
1167	41,2	68,9	69,1	1,56
1168	42,8	70,1	70,1	1,61
1169	44,4	68,9	68,8	1,64
1170	46,0	70,1	69,8	1,74
1171	47,6	68,9	68,6	1,81
1172	49,2	70,1	60,7	2,13
1173	50,8	68,9	68,4	1,94
1174	52,4	70,1	69,0	1,96
1175	54,0	68,9	62,5	2,57
1176	55,6	70,1	66,9	2,24
1177	57,2	68,9	64,9	2,61
1178	58,8	70,1	64,8	2,80
1179	60,4	68,9	62,8	3,35
1180	-6,7	71,2	70,4	0,32
1181	-5,1	72,4	71,5	0,44
1182	-3,5	71,2	69,2	0,33
1183	-1,9	72,4	70,3	0,46
1184	-0,3	71,2	68,0	0,34
1185	1,3	72,4	69,2	0,39
1186	2,9	71,2	67,0	0,35
1187	4,5	72,4	68,2	0,40
1188	6,1	71,2	66,0	0,34
1189	7,7	72,4	66,7	0,33
1190	9,3	71,2	65,2	0,35
1191	10,9	72,4	67,2	0,64
1192	12,5	71,2	65,9	0,70
1193	14,1	72,4	66,7	0,75
1194	15,7	71,2	65,4	0,84
1195	17,3	72,4	66,2	0,87
1196	18,9	71,2	65,0	0,97
1197	20,5	72,4	65,8	1,06
1198	22,1	71,2	64,6	1,17
1199	23,7	72,4	65,4	1,20
1200	25,3	71,2	64,1	1,22
1201	26,9	72,4	64,6	1,06
1202	28,5	71,2	69,2	1,52
1203	30,1	72,4	70,1	1,58
1204	31,7	71,2	72,0	1,36
1205	33,3	72,4	66,2	1,68
1206	34,9	71,2	71,8	1,44
1207	36,5	72,4	72,8	1,43
1208	38,0	71,2	71,5	1,44
1209	39,6	72,4	72,5	1,51
1210	41,2	71,2	71,3	1,57
1211	42,8	72,4	64,2	1,86
1212	44,4	71,2	71,1	1,67
1213	46,0	72,4	63,5	1,84
1214	47,6	71,2	70,9	1,82
1215	49,2	72,4	62,8	2,31
1216	50,8	71,2	66,0	2,55
1217	52,4	72,4	70,7	2,02
1218	54,0	71,2	68,8	2,11

1219	55,6	72,4	68,6	2,29
1220	57,2	71,2	62,0	3,27
1221	58,8	72,4	66,5	2,95
1222	60,4	71,2	64,6	3,38
1223	62,0	72,4	64,6	3,49
1224	63,6	71,2	62,7	3,98
1225	65,2	72,4	62,7	3,93
1226	-5,1	74,7	72,7	0,25
1227	-3,5	73,5	71,5	0,37
1228	-1,9	74,7	71,5	0,24
1229	-0,3	73,5	70,3	0,38
1230	1,3	74,7	71,5	0,41
1231	2,9	73,5	69,3	0,39
1232	4,5	74,7	70,5	0,34
1233	6,1	73,5	68,2	0,31
1234	7,7	74,7	69,9	0,52
1235	9,3	73,5	68,6	0,58
1236	10,9	74,7	69,3	0,61
1237	12,5	73,5	68,0	0,66
1238	14,1	74,7	68,7	0,68
1239	15,7	73,5	67,4	0,78
1240	17,3	74,7	68,2	0,81
1241	18,9	73,5	67,0	0,88
1242	20,5	74,7	67,8	0,92
1243	22,1	73,5	66,6	1,11
1244	23,7	74,7	67,4	1,06
1245	25,3	73,5	66,1	1,17
1246	26,9	74,7	69,7	1,52
1247	28,5	73,5	74,5	1,21
1248	30,1	74,7	72,2	1,60
1249	31,7	73,5	74,2	1,31
1250	33,3	74,7	75,2	1,40
1251	34,9	73,5	66,9	1,71
1252	36,5	74,7	75,0	1,44
1253	38,0	73,5	70,0	1,83
1254	39,6	74,7	70,9	1,86
1255	41,2	73,5	73,6	1,57
1256	42,8	74,7	66,3	1,76
1257	44,4	73,5	73,3	1,67
1258	46,0	74,7	74,3	1,77
1259	47,6	73,5	64,2	2,04
1260	49,2	74,7	74,1	1,85
1261	50,8	73,5	72,7	1,98
1262	52,4	74,7	72,4	2,02
1263	54,0	73,5	65,9	2,73
1264	55,6	74,7	70,4	2,50
1265	57,2	73,5	68,4	2,68
1266	58,8	74,7	68,3	3,01
1267	60,4	73,5	66,5	3,36
1268	62,0	74,7	66,4	3,60
1269	65,2	74,7	64,6	4,01
1270	-5,1	77,0	75,0	0,30
1271	-3,5	75,9	73,8	0,41
1272	-1,9	77,0	73,8	0,29
1273	-0,3	75,9	72,7	0,42
1274	1,3	77,0	72,7	0,27
1275	2,9	75,9	71,6	0,42
1276	4,5	77,0	72,7	0,43
1277	6,1	75,9	71,3	0,47

1278	7,7	77,0	72,0	0,47
1279	9,3	75,9	70,6	0,52
1280	10,9	77,0	71,3	0,51
1281	12,5	75,9	70,0	0,62
1282	14,1	77,0	70,7	0,62
1283	15,7	75,9	69,4	0,70
1284	17,3	77,0	70,2	0,70
1285	18,9	75,9	69,0	0,78
1286	20,5	77,0	69,8	0,78
1287	22,1	75,9	68,6	0,92
1288	23,7	77,0	69,4	0,83
1289	25,3	75,9	68,2	1,00
1290	26,9	77,0	71,8	1,53
1291	28,5	75,9	76,7	1,22
1292	30,1	77,0	77,7	1,28
1293	31,7	75,9	76,5	1,32
1294	33,3	77,0	77,5	1,40
1295	34,9	75,9	69,1	1,58
1296	36,5	77,0	69,8	1,70
1297	38,0	75,9	76,0	1,46
1298	39,6	77,0	69,1	1,83
1299	41,2	75,9	75,8	1,60
1300	42,8	77,0	76,8	1,58
1301	44,4	75,9	67,0	1,84
1302	46,0	77,0	76,6	1,78
1303	47,6	75,9	75,4	1,78
1304	49,2	77,0	76,3	1,89
1305	50,8	75,9	74,4	1,99
1306	52,4	77,0	69,5	2,61
1307	54,0	75,9	72,3	2,14
1308	55,6	77,0	72,1	2,61
1309	57,2	75,9	70,2	2,98
1310	58,8	77,0	70,2	3,00
1311	60,4	75,9	68,3	3,12
1312	-8,3	79,3	78,7	0,36
1313	-6,7	78,2	77,4	0,44
1314	-5,1	79,3	77,3	0,34
1315	-3,5	78,2	76,1	0,44
1316	-1,9	79,3	76,1	0,33
1317	-0,3	78,2	75,0	0,45
1318	1,3	79,3	75,1	0,31
1319	2,9	78,2	73,9	0,46
1320	4,5	79,3	74,8	0,39
1321	6,1	78,2	73,4	0,43
1322	7,7	79,3	74,0	0,42
1323	9,3	78,2	72,7	0,46
1324	10,9	79,3	73,4	0,44
1325	12,5	78,2	72,0	0,49
1326	14,1	79,3	72,7	0,44
1327	15,7	78,2	71,5	0,63
1328	17,3	79,3	72,2	0,41
1329	18,9	78,2	71,0	0,68
1330	20,5	79,3	71,8	0,33
1331	22,1	78,2	70,6	0,76
1332	23,7	79,3	79,9	1,16
1333	25,3	78,2	76,2	1,48
1334	26,9	79,3	77,1	1,49
1335	28,5	78,2	79,0	1,23
1336	30,1	79,3	80,0	1,29

1337	31,7	78,2	75,3	1,62
1338	33,3	79,3	79,8	1,41
1339	34,9	78,2	78,5	1,46
1340	36,5	79,3	71,9	1,84
1341	38,0	78,2	78,3	1,47
1342	39,6	79,3	79,3	1,54
1343	41,2	78,2	78,1	1,60
1344	42,8	79,3	79,1	1,61
1345	44,4	78,2	69,1	1,89
1346	46,0	79,3	78,8	1,76
1347	47,6	78,2	73,0	2,28
1348	49,2	79,3	78,0	1,92
1349	50,8	78,2	76,1	2,04
1350	52,4	79,3	76,0	2,15
1351	54,0	78,2	74,1	2,49
1352	55,6	79,3	74,0	2,81
1353	57,2	78,2	72,1	2,84
1354	60,4	78,2	70,2	3,22
1355	62,0	79,3	70,2	4,57
1356	63,6	78,2	68,3	4,02
1357	-8,3	81,7	81,0	0,40
1358	-5,1	81,7	79,6	0,38
1359	-3,5	80,5	78,4	0,47
1360	-1,9	81,7	78,5	0,24
1361	-0,3	80,5	77,3	0,37
1362	1,3	81,7	77,4	0,35
1363	2,9	80,5	76,2	0,48
1364	4,5	81,7	76,8	0,47
1365	6,1	80,5	75,4	0,38
1366	7,7	81,7	76,1	0,36
1367	9,3	80,5	74,7	0,39
1368	10,9	81,7	75,4	0,35
1369	12,5	80,5	74,1	0,39
1370	14,1	81,7	74,8	0,33
1371	15,7	80,5	73,5	0,36
1372	17,3	81,7	74,2	0,35
1373	18,9	80,5	73,0	0,30
1374	20,5	81,7	73,8	1,18
1375	22,1	80,5	72,5	1,26
1376	23,7	81,7	82,1	1,17
1377	25,3	80,5	81,3	1,17
1378	26,9	81,7	82,5	1,20
1379	28,5	80,5	77,9	1,57
1380	30,1	81,7	82,2	1,36
1381	31,7	80,5	74,0	1,61
1382	33,3	81,7	74,7	1,60
1383	34,9	80,5	80,8	1,46
1384	36,5	81,7	77,9	1,85
1385	38,0	80,5	80,5	1,48
1386	39,6	81,7	81,6	1,55
1387	41,2	80,5	71,9	1,84
1388	42,8	81,7	81,3	1,61
1389	44,4	80,5	71,3	1,96
1390	46,0	81,7	76,5	2,18
1391	47,6	80,5	79,9	1,80
1392	49,2	81,7	79,8	1,99
1393	50,8	80,5	77,9	1,96
1394	52,4	81,7	77,8	2,13
1395	54,0	80,5	75,9	2,43

1396	55,6	81,7	75,8	2,77
1397	58,8	81,7	73,9	3,17
1398	60,4	80,5	72,0	3,80
1399	-11,5	84,0	83,6	0,21
1400	-9,9	82,8	82,3	0,31
1401	-8,3	84,0	83,3	0,43
1402	-6,7	82,8	80,9	0,27
1403	-5,1	84,0	82,0	0,42
1404	-3,5	82,8	80,7	0,41
1405	-1,9	84,0	80,8	0,41
1406	-0,3	82,8	79,6	0,40
1407	1,3	84,0	79,7	0,38
1408	2,9	82,8	78,3	0,42
1409	4,5	84,0	78,9	0,40
1410	6,1	82,8	77,5	0,44
1411	7,7	84,0	78,1	0,39
1412	9,3	82,8	76,7	0,44
1413	10,9	84,0	77,4	0,20
1414	12,5	82,8	76,1	0,41
1415	14,1	84,0	78,9	1,02
1416	15,7	82,8	75,5	0,32
1417	17,3	84,0	78,6	1,18
1418	18,9	82,8	77,5	1,26
1419	20,5	84,0	83,8	1,23
1420	22,1	82,8	74,5	1,32
1421	23,7	84,0	81,3	1,41
1422	25,3	82,8	83,5	1,17
1423	26,9	84,0	84,7	1,22
1424	28,5	82,8	80,1	1,58
1425	30,1	84,0	84,5	1,37
1426	31,7	82,8	83,2	1,38
1427	33,3	84,0	76,8	1,59
1428	34,9	82,8	83,0	1,47
1429	36,5	84,0	84,0	1,46
1430	38,0	82,8	74,7	1,78
1431	39,6	84,0	83,8	1,56
1432	41,2	82,8	74,1	1,88
1433	42,8	84,0	83,6	1,62
1434	44,4	82,8	82,3	1,71
1435	46,0	84,0	78,7	2,19
1436	47,6	82,8	81,7	1,80
1437	49,2	84,0	81,6	1,99
1438	50,8	82,8	79,7	1,98
1439	52,4	84,0	79,6	2,36
1440	54,0	82,8	77,7	2,70
1441	58,8	84,0	75,8	3,49
1442	62,0	84,0	74,0	4,17
1443	-8,3	86,3	85,6	0,46
1444	-6,7	85,1	83,2	0,32
1445	-5,1	86,3	84,3	0,45
1446	-3,5	85,1	82,0	0,28
1447	-1,9	86,3	83,1	0,44
1448	-0,3	85,1	81,9	0,43
1449	1,3	86,3	81,8	0,32
1450	2,9	85,1	80,3	0,36
1451	4,5	86,3	80,9	0,32
1452	6,1	85,1	79,5	0,35
1453	7,7	86,3	81,8	0,64
1454	9,3	85,1	78,8	0,32

1455	10,9	86,3	81,3	0,83
1456	12,5	85,1	80,1	0,93
1457	14,1	86,3	81,0	0,98
1458	15,7	85,1	79,8	1,10
1459	17,3	86,3	78,3	1,07
1460	18,9	85,1	77,0	1,15
1461	20,5	86,3	86,0	1,23
1462	22,1	85,1	85,1	1,25
1463	23,7	86,3	83,4	1,41
1464	25,3	85,1	85,7	1,18
1465	26,9	86,3	87,0	1,23
1466	28,5	85,1	85,7	1,27
1467	30,1	86,3	79,6	1,58
1468	31,7	85,1	85,5	1,39
1469	33,3	86,3	86,5	1,43
1470	34,9	85,1	85,3	1,47
1471	36,5	86,3	86,3	1,47
1472	38,0	85,1	76,8	1,76
1473	39,6	86,3	86,1	1,57
1474	41,2	85,1	84,8	1,60
1475	42,8	86,3	81,4	2,06
1476	44,4	85,1	84,6	1,72
1477	46,0	86,3	85,4	1,76
1478	47,6	85,1	83,5	1,84
1479	49,2	86,3	78,7	2,56
1480	50,8	85,1	76,8	2,55
1481	52,4	86,3	81,4	2,43
1482	54,0	85,1	79,5	2,72
1483	55,6	86,3	79,5	2,69
1484	58,8	86,3	77,7	3,50
1485	60,4	85,1	75,9	3,96
1486	-11,5	88,6	88,2	0,31
1487	-9,9	87,5	86,9	0,39
1488	-8,3	88,6	86,8	0,24
1489	-6,7	87,5	85,5	0,36
1490	-5,1	88,6	86,6	0,38
1491	-3,5	87,5	84,3	0,32
1492	-1,9	88,6	85,4	0,47
1493	-0,3	87,5	84,3	0,45
1494	1,3	88,6	85,0	0,49
1495	2,9	87,5	83,6	0,54
1496	4,5	88,6	84,4	0,58
1497	6,1	87,5	83,1	0,63
1498	7,7	88,6	83,9	0,67
1499	9,3	87,5	82,6	0,74
1500	10,9	88,6	83,4	0,82
1501	12,5	87,5	82,2	0,87
1502	14,1	88,6	83,1	0,93
1503	15,7	87,5	81,9	1,06
1504	17,3	88,6	82,8	1,13
1505	18,9	87,5	79,0	1,19
1506	20,5	88,6	82,6	1,33
1507	22,1	87,5	87,3	1,26
1508	23,7	88,6	88,6	1,29
1509	25,3	87,5	87,8	1,19
1510	26,9	88,6	89,2	1,24
1511	28,5	87,5	88,0	1,28
1512	30,1	88,6	81,7	1,57
1513	31,7	87,5	87,7	1,39

1514	33,3	88,6	88,8	1,43
1515	34,9	87,5	83,6	1,80
1516	36,5	88,6	88,5	1,48
1517	38,0	87,5	87,3	1,50
1518	39,6	88,6	84,0	1,94
1519	41,2	87,5	87,1	1,60
1520	42,8	88,6	83,5	2,07
1521	44,4	87,5	86,8	1,70
1522	46,0	88,6	87,2	1,91
1523	47,6	87,5	80,6	2,47
1524	49,2	88,6	80,5	2,46
1525	50,8	87,5	83,3	2,12
1526	54,0	87,5	81,4	2,68
1527	55,6	88,6	81,4	2,96
1528	57,2	87,5	79,6	3,14
1529	58,8	88,6	79,7	3,68
1530	60,4	87,5	77,8	4,35
1531	-11,5	90,9	90,5	0,35
1532	-8,3	90,9	89,1	0,29
1533	-6,7	89,8	87,8	0,39
1534	-5,1	90,9	88,9	0,41
1535	-3,5	89,8	86,6	0,36
1536	-1,9	90,9	87,7	0,39
1537	-0,3	89,8	86,4	0,44
1538	1,3	90,9	87,1	0,47
1539	2,9	89,8	85,8	0,42
1540	4,5	90,9	86,5	0,56
1541	6,1	89,8	85,2	0,62
1542	7,7	90,9	86,0	0,65
1543	9,3	89,8	84,7	0,73
1544	10,9	90,9	85,5	0,81
1545	12,5	89,8	84,3	0,86
1546	14,1	90,9	85,2	0,92
1547	15,7	89,8	84,0	1,00
1548	17,3	90,9	84,9	1,12
1549	18,9	89,8	83,7	1,21
1550	20,5	90,9	90,4	1,24
1551	22,1	89,8	86,5	1,41
1552	23,7	90,9	87,7	1,45
1553	25,3	89,8	90,0	1,25
1554	26,9	90,9	87,9	1,53
1555	28,5	89,8	90,2	1,35
1556	30,1	90,9	91,2	1,38
1557	31,7	89,8	82,4	1,56
1558	33,3	90,9	91,0	1,44
1559	34,9	89,8	85,8	1,82
1560	36,5	90,9	86,6	1,85
1561	38,0	89,8	89,5	1,52
1562	39,6	90,9	86,2	1,95
1563	41,2	89,8	89,3	1,61
1564	42,8	90,9	90,3	1,66
1565	44,4	89,8	89,1	1,70
1566	46,0	90,9	89,0	1,78
1567	47,6	89,8	87,1	1,90
1568	49,2	90,9	87,0	1,97
1569	50,8	89,8	85,2	2,35
1570	57,2	89,8	81,5	3,21
1571	60,4	89,8	79,8	4,29
1572	-13,1	92,1	91,9	0,26

1573	-8,3	93,3	91,4	0,33
1574	-6,7	92,1	90,2	0,43
1575	-5,1	93,3	90,1	0,14
1576	-3,5	92,1	88,9	0,39
1577	-1,9	93,3	89,9	0,38
1578	-0,3	92,1	88,5	0,42
1579	1,3	93,3	89,2	0,44
1580	2,9	92,1	87,9	0,49
1581	4,5	93,3	88,6	0,51
1582	6,1	92,1	87,3	0,60
1583	7,7	93,3	88,1	0,63
1584	9,3	92,1	86,8	0,69
1585	10,9	93,3	87,7	0,73
1586	12,5	92,1	86,4	0,84
1587	14,1	93,3	87,3	0,86
1588	15,7	92,1	86,1	1,02
1589	17,3	93,3	87,0	1,10
1590	18,9	92,1	85,8	1,19
1591	20,5	93,3	86,7	1,24
1592	22,1	92,1	91,7	1,27
1593	23,7	93,3	93,0	1,30
1594	25,3	92,1	88,8	1,49
1595	26,9	93,3	93,5	1,32
1596	28,5	92,1	92,5	1,36
1597	30,1	93,3	93,5	1,39
1598	31,7	92,1	88,4	1,69
1599	33,3	93,3	93,3	1,45
1600	34,9	92,1	92,0	1,48
1601	36,5	93,3	88,8	1,87
1602	38,0	92,1	91,8	1,52
1603	39,6	93,3	92,8	1,60
1604	41,2	92,1	91,6	1,63
1605	42,8	93,3	92,6	1,64
1606	44,4	92,1	86,2	2,21
1607	46,0	93,3	86,1	2,43
1608	47,6	92,1	84,2	2,39
1609	49,2	93,3	84,1	2,23
1610	50,8	92,1	82,3	3,14
1611	54,0	92,1	85,2	2,82
1612	55,6	93,3	85,3	2,98
1613	58,8	93,3	83,6	4,51
1614	-11,5	95,6	95,1	0,42
1615	-9,9	94,4	93,8	0,39
1616	-8,3	95,6	93,7	0,37
1617	-6,7	94,4	92,5	0,46
1618	-5,1	95,6	92,5	0,30
1619	-3,5	94,4	91,3	0,42
1620	-1,9	95,6	92,0	0,36
1621	-0,3	94,4	90,6	0,40
1622	1,3	95,6	91,4	0,41
1623	2,9	94,4	90,0	0,46
1624	4,5	95,6	90,8	0,48
1625	6,1	94,4	89,4	0,58
1626	7,7	95,6	90,2	0,61
1627	9,3	94,4	88,9	0,66
1628	10,9	95,6	89,8	0,70
1629	12,5	94,4	88,5	0,80
1630	14,1	95,6	89,4	0,83
1631	15,7	94,4	88,2	0,95

1632	17,3	95,6	89,1	0,99
1633	18,9	94,4	87,9	1,17
1634	20,5	95,6	88,8	1,16
1635	22,1	94,4	93,9	1,28
1636	23,7	95,6	88,6	1,46
1637	25,3	94,4	94,3	1,27
1638	26,9	95,6	95,7	1,33
1639	28,5	94,4	87,3	1,60
1640	30,1	95,6	95,7	1,38
1641	31,7	94,4	86,7	1,67
1642	33,3	95,6	91,4	1,77
1643	34,9	94,4	94,3	1,45
1644	36,5	95,6	91,0	1,88
1645	38,0	94,4	94,1	1,53
1646	39,6	95,6	95,1	1,57
1647	41,2	94,4	89,2	2,04
1648	42,8	95,6	89,9	2,11
1649	44,4	94,4	92,7	1,85
1650	46,0	95,6	87,9	2,42
1651	47,6	94,4	90,8	2,01
1652	49,2	95,6	86,0	2,55
1653	50,8	94,4	88,9	2,48
1654	54,0	94,4	87,1	2,84
1655	55,6	95,6	87,2	3,03
1656	57,2	94,4	85,4	3,30
1657	58,8	95,6	85,5	4,39
1658	-14,6	97,9	97,8	0,25
1659	-11,5	97,9	97,4	0,45
1660	-9,9	96,7	95,0	0,26
1661	-8,3	97,9	96,0	0,40
1662	-6,7	96,7	94,8	0,38
1663	-5,1	97,9	94,8	0,34
1664	-3,5	96,7	93,5	0,43
1665	-1,9	97,9	94,2	0,45
1666	-0,3	96,7	92,8	0,37
1667	1,3	97,9	93,5	0,38
1668	2,9	96,7	92,1	0,43
1669	4,5	97,9	92,9	0,44
1670	6,1	96,7	91,5	0,49
1671	7,7	97,9	92,3	0,49
1672	9,3	96,7	91,0	0,63
1673	10,9	97,9	91,9	0,55
1674	12,5	96,7	90,6	0,74
1675	14,1	97,9	91,5	0,75
1676	15,7	96,7	90,3	0,89
1677	17,3	97,9	91,1	0,92
1678	18,9	96,7	90,0	1,03
1679	20,5	97,9	90,9	1,11
1680	22,1	96,7	89,8	1,23
1681	23,7	97,9	90,7	1,35
1682	25,3	96,7	96,5	1,28
1683	26,9	97,9	90,6	1,53
1684	28,5	96,7	89,5	1,63
1685	30,1	97,9	94,1	1,66
1686	31,7	96,7	96,8	1,41
1687	33,3	97,9	93,6	1,79
1688	34,9	96,7	96,5	1,46
1689	36,5	97,9	97,5	1,49
1690	38,0	96,7	91,9	1,91

1691	39,6	97,9	97,3	1,58
1692	41,2	96,7	91,4	2,05
1693	42,8	97,9	96,4	1,67
1694	44,4	96,7	89,8	2,35
1695	46,0	97,9	94,5	1,93
1696	47,6	96,7	87,9	2,11
1697	50,8	96,7	90,8	2,51
1698	54,0	96,7	89,1	2,84
1699	55,6	97,9	89,2	3,11
1700	-13,1	99,1	98,8	0,38
1701	-11,5	100,2	99,7	0,39
1702	-9,9	99,1	97,3	0,30
1703	-8,3	100,2	98,4	0,43
1704	-6,7	99,1	97,1	0,41
1705	-5,1	100,2	97,0	0,35
1706	-3,5	99,1	95,6	0,40
1707	-1,9	100,2	96,3	0,26
1708	-0,3	99,1	94,9	0,46
1709	1,3	100,2	95,6	0,35
1710	2,9	99,1	94,2	0,39
1711	4,5	100,2	95,0	0,39
1712	6,1	99,1	93,6	0,44
1713	7,7	100,2	94,4	0,44
1714	9,3	99,1	93,1	0,49
1715	10,9	100,2	94,0	0,48
1716	12,5	99,1	92,7	0,69
1717	14,1	100,2	93,6	0,72
1718	15,7	99,1	92,3	0,80
1719	17,3	100,2	93,2	0,83
1720	18,9	99,1	92,1	0,96
1721	20,5	100,2	93,0	0,97
1722	22,1	99,1	91,8	1,19
1723	23,7	100,2	92,8	1,25
1724	25,3	99,1	98,7	1,35
1725	26,9	100,2	92,6	1,44
1726	28,5	99,1	99,2	1,37
1727	30,1	100,2	96,3	1,68
1728	31,7	99,1	99,0	1,43
1729	33,3	100,2	100,0	1,47
1730	34,9	99,1	94,5	1,88
1731	36,5	100,2	99,8	1,49
1732	38,0	99,1	94,0	1,92
1733	39,6	100,2	99,6	1,60
1734	41,2	99,1	98,3	1,64
1735	42,8	100,2	98,3	1,86
1736	44,4	99,1	96,4	1,87
1737	46,0	100,2	91,6	2,19
1738	47,6	99,1	89,7	2,28
1739	52,4	100,2	92,8	2,74
1740	54,0	99,1	91,0	2,89
1741	55,6	100,2	91,2	3,08
1742	-14,6	102,5	102,4	0,34
1743	-9,9	101,4	99,6	0,34
1744	-8,3	102,5	100,7	0,46
1745	-6,7	101,4	99,4	0,43
1746	-5,1	102,5	99,1	0,32
1747	-3,5	101,4	97,7	0,36
1748	-1,9	102,5	98,4	0,37
1749	-0,3	101,4	97,0	0,42

1750	1,3	102,5	97,7	0,42
1751	2,9	101,4	96,3	0,35
1752	4,5	102,5	97,1	0,34
1753	6,1	101,4	95,8	0,39
1754	7,7	102,5	96,6	0,38
1755	9,3	101,4	95,3	0,43
1756	10,9	102,5	96,1	0,41
1757	12,5	101,4	94,8	0,46
1758	14,1	102,5	95,7	0,43
1759	15,7	101,4	94,4	0,73
1760	17,3	102,5	95,3	0,76
1761	18,9	101,4	94,1	0,85
1762	20,5	102,5	95,1	0,85
1763	22,1	101,4	93,9	1,04
1764	23,7	102,5	94,9	1,05
1765	25,3	101,4	93,7	1,18
1766	26,9	102,5	94,7	1,44
1767	28,5	101,4	93,6	1,47
1768	30,1	102,5	98,5	1,69
1769	31,7	101,4	101,3	1,43
1770	33,3	102,5	102,3	1,48
1771	34,9	101,4	96,7	1,89
1772	36,5	102,5	102,0	1,50
1773	38,0	101,4	96,2	1,94
1774	39,6	102,5	97,1	2,01
1775	41,2	101,4	95,4	2,06
1776	42,8	102,5	100,2	1,90
1777	44,4	101,4	98,3	1,89
1778	46,0	102,5	93,5	2,12
1779	47,6	101,4	96,4	2,33
1780	50,8	101,4	94,7	2,75
1781	52,4	102,5	94,8	2,80
1782	57,2	101,4	91,3	4,54
1783	-16,2	103,7	103,8	0,25
1784	-14,6	104,9	104,7	0,37
1785	-13,1	103,7	103,4	0,44
1786	-11,5	104,9	103,2	0,27
1787	-9,9	103,7	101,9	0,37
1788	-8,3	104,9	103,0	0,39
1789	-6,7	103,7	100,6	0,28
1790	-5,1	104,9	101,3	0,28
1791	-3,5	103,7	99,8	0,33
1792	-1,9	104,9	100,5	0,32
1793	-0,3	103,7	99,1	0,22
1794	1,3	104,9	99,8	0,36
1795	2,9	103,7	98,5	0,42
1796	4,5	104,9	99,2	0,40
1797	6,1	103,7	97,9	0,33
1798	7,7	104,9	98,7	0,31
1799	9,3	103,7	97,4	0,36
1800	10,9	104,9	98,2	0,33
1801	12,5	103,7	96,9	0,37
1802	14,1	104,9	97,8	0,33
1803	15,7	103,7	96,5	0,38
1804	17,3	104,9	97,4	0,32
1805	18,9	103,7	96,2	0,37
1806	20,5	104,9	97,1	0,29
1807	22,1	103,7	96,0	0,88
1808	23,7	104,9	100,5	1,48

1809	25,3	103,7	95,8	1,24
1810	26,9	104,9	100,6	1,61
1811	28,5	103,7	99,6	1,62
1812	30,1	104,9	104,7	1,41
1813	31,7	103,7	99,3	1,74
1814	33,3	104,9	104,5	1,49
1815	34,9	103,7	98,9	1,85
1816	36,5	104,9	99,7	1,91
1817	38,0	103,7	103,1	1,58
1818	39,6	104,9	103,9	1,61
1819	41,2	103,7	97,2	2,12
1820	42,8	104,9	97,2	2,38
1821	44,4	103,7	100,2	1,92
1822	46,0	104,9	100,2	2,28
1823	50,8	103,7	96,6	2,75
1824	-16,2	106,0	106,1	0,29
1825	-14,6	107,2	107,0	0,41
1826	-13,1	106,0	105,7	0,47
1827	-11,5	107,2	105,5	0,31
1828	-9,9	106,0	104,2	0,41
1829	-8,3	107,2	105,3	0,41
1830	-6,7	106,0	103,9	0,45
1831	-5,1	107,2	104,7	0,49
1832	-3,5	106,0	101,9	0,28
1833	-1,9	107,2	104,2	0,59
1834	-0,3	106,0	101,2	0,32
1835	1,3	107,2	101,9	0,30
1836	2,9	106,0	100,6	0,35
1837	4,5	107,2	101,3	0,32
1838	6,1	106,0	100,0	0,37
1839	7,7	107,2	100,8	0,33
1840	9,3	106,0	99,5	0,39
1841	10,9	107,2	100,3	0,33
1842	12,5	106,0	99,0	0,29
1843	14,1	107,2	99,9	0,30
1844	15,7	106,0	98,6	0,28
1845	17,3	107,2	105,6	1,37
1846	18,9	106,0	98,3	0,25
1847	20,5	107,2	102,5	1,41
1848	22,1	106,0	104,9	1,31
1849	23,7	107,2	106,2	1,34
1850	25,3	106,0	105,3	1,38
1851	26,9	107,2	102,7	1,56
1852	28,5	106,0	105,8	1,40
1853	30,1	107,2	107,0	1,41
1854	31,7	106,0	101,5	1,76
1855	33,3	107,2	106,8	1,49
1856	34,9	106,0	105,5	1,46
1857	36,5	107,2	101,9	1,92
1858	38,0	106,0	105,3	1,60
1859	39,6	107,2	105,8	1,62
1860	41,2	106,0	99,1	2,22
1861	42,8	107,2	99,1	2,27
1862	44,4	106,0	102,1	2,03
1863	46,0	107,2	102,1	2,21
1864	50,8	106,0	98,6	2,77
1865	52,4	107,2	98,7	2,82
1866	54,0	106,0	96,9	2,75
1867	55,6	107,2	97,1	4,71

1868	-17,8	109,5	109,7	0,25
1869	-16,2	108,3	108,4	0,33
1870	-13,1	108,3	108,0	0,40
1871	-11,5	109,5	107,8	0,35
1872	-9,9	108,3	106,6	0,44
1873	-8,3	109,5	107,5	0,41
1874	-6,7	108,3	106,1	0,45
1875	-5,1	109,5	106,9	0,49
1876	-3,5	108,3	105,5	0,55
1877	-1,9	109,5	106,3	0,59
1878	-0,3	108,3	105,0	0,63
1879	1,3	109,5	105,9	0,71
1880	2,9	108,3	104,6	0,74
1881	4,5	109,5	105,5	0,82
1882	6,1	108,3	104,2	0,91
1883	7,7	109,5	105,2	0,97
1884	9,3	108,3	104,0	1,05
1885	10,9	109,5	104,9	1,12
1886	12,5	108,3	103,8	1,19
1887	14,1	109,5	104,8	1,28
1888	15,7	108,3	103,6	1,34
1889	17,3	109,5	101,6	1,27
1890	18,9	108,3	100,4	1,34
1891	20,5	109,5	104,7	1,43
1892	22,1	108,3	107,1	1,32
1893	23,7	109,5	108,4	1,35
1894	25,3	108,3	103,7	1,54
1895	26,9	109,5	108,8	1,38
1896	28,5	108,3	107,9	1,40
1897	30,1	109,5	109,3	1,42
1898	31,7	108,3	103,7	1,77
1899	33,3	109,5	104,6	1,86
1900	34,9	108,3	107,8	1,47
1901	36,5	109,5	104,1	1,93
1902	38,0	108,3	107,6	1,61
1903	39,6	109,5	102,8	2,08
1904	41,2	108,3	105,8	1,83
1905	42,8	109,5	101,0	1,98
1906	44,4	108,3	99,1	2,18
1907	47,6	108,3	102,2	2,47
1908	50,8	108,3	100,5	2,83
1909	52,4	109,5	100,7	2,84
1910	54,0	108,3	98,9	2,94
1911	-13,1	110,7	109,1	0,25
1912	-9,9	110,7	108,9	0,47
1913	-6,7	110,7	108,3	0,44
1914	-3,5	110,7	107,7	0,54
1915	-0,3	110,7	107,2	0,63
1916	2,9	110,7	106,8	0,74
1917	6,1	110,7	106,4	0,91
1918	9,3	110,7	106,1	1,06
1919	12,5	110,7	105,9	1,18
1920	15,7	110,7	102,8	1,21
1921	18,9	110,7	102,5	1,39
1922	22,1	110,7	105,8	1,47
1923	25,3	110,7	109,7	1,40
1924	28,5	110,7	106,0	1,60
1925	31,7	110,7	110,3	1,46
1926	34,9	110,7	110,0	1,47

1927	38,0	110,7	104,7	1,98
1928	41,2	110,7	107,7	1,82
1929	44,4	110,7	101,0	2,40
1930	47,6	110,7	104,2	2,53
1931	50,8	110,7	102,5	2,74

RELAZIONE DI CALCOLO

Definizione

Per pendio s'intende una porzione di versante naturale il cui profilo originario è stato modificato da interventi artificiali rilevanti rispetto alla stabilità. Per frana s'intende una situazione di instabilità che interessa versanti naturali e coinvolgono volumi considerevoli di terreno.

Introduzione all'analisi di stabilità

La risoluzione di un problema di stabilità richiede la presa in conto delle equazioni di campo e dei legami costitutivi. Le prime sono di equilibrio, le seconde descrivono il comportamento del terreno. Tali equazioni risultano particolarmente complesse in quanto i terreni sono dei sistemi multifase, che possono essere ricondotti a sistemi monofase solo in condizioni di terreno secco, o di analisi in condizioni drenate.

Nella maggior parte dei casi ci si trova a dover trattare un materiale che se saturo è per lo meno bifase, ciò rende la trattazione delle equazioni di equilibrio notevolmente complicata. Inoltre è praticamente impossibile definire una legge costitutiva di validità generale, in quanto i terreni presentano un comportamento non-lineare già a piccole deformazioni, sono anisotropi ed inoltre il loro comportamento dipende non solo dallo sforzo deviatorico ma anche da quello normale. A causa delle suddette difficoltà vengono introdotte delle ipotesi semplificative:

(a) Si usano leggi costitutive semplificate: modello rigido perfettamente plastico. Si assume che la resistenza del materiale sia espressa unicamente dai parametri coesione (c) e angolo di resistenza al taglio (ϕ), costanti per il terreno e caratteristici dello stato plastico; quindi si suppone valido il criterio di rottura di Mohr-Coulomb.

(b) In alcuni casi vengono soddisfatte solo in parte le equazioni di equilibrio.

Metodo equilibrio limite (LEM)

Il metodo dell'equilibrio limite consiste nello studiare l'equilibrio di un corpo rigido, costituito dal pendio e da una superficie di scorrimento di forma qualsiasi (linea retta, arco di cerchio, spirale logaritmica); da tale equilibrio vengono calcolate le tensioni da taglio (τ) e confrontate con la resistenza disponibile (τ_f), valutata secondo il criterio di rottura di *Coulomb*, da tale confronto ne scaturisce la prima indicazione sulla stabilità attraverso il coefficiente di sicurezza $F = \tau_f / \tau$.

Tra i metodi dell'equilibrio limite alcuni considerano l'equilibrio globale del corpo rigido (*Culman*), altri a causa della non omogeneità dividono il corpo in conci considerando l'equilibrio di ciascuno (*Fellenius, Bishop, Janbu ecc.*).

Di seguito vengono discussi i metodi dell'equilibrio limite dei conci.

Metodo dei conci

La massa interessata dallo scivolamento viene suddivisa in un numero conveniente di conci. Se il numero dei conci è pari a n , il problema presenta le seguenti incognite:

n valori delle forze normali N_j agenti sulla base di ciascun concio;

n valori delle forze di taglio alla base del concio T_j

$(n-1)$ forze normali E_j agenti sull'interfaccia dei conci;

$(n-1)$ forze tangenziali X_i agenti sull'interfaccia dei conci;
 n valori della coordinata a che individua il punto di applicazione delle E_i ;
 $(n-1)$ valori della coordinata che individua il punto di applicazione delle X_i ;
 una incognita costituita dal fattore di sicurezza F .

Complessivamente le incognite sono $(6n-2)$.

mentre le equazioni a disposizione sono:

Equazioni di equilibrio dei momenti n
 Equazioni di equilibrio alla traslazione verticale n
 Equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale n
 Equazioni relative al criterio di rottura n
 Totale numero di equazioni $4n$

Il problema è staticamente indeterminato ed il grado di indeterminazione è pari a

$$i = (6n-2) - (4n) = 2n-2.$$

Il grado di indeterminazione si riduce ulteriormente a $(n-2)$ in quando si fa l'assunzione che N_i sia applicato nel punto medio della striscia, ciò equivale ad ipotizzare che le tensioni normali totali siano uniformemente distribuite.

I diversi metodi che si basano sulla teoria dell'equilibrio limite si differenziano per il modo in cui vengono eliminate le $(n-2)$ indeterminazioni.

Metodo di FELLENIUS (1927)

Con questo metodo (valido solo per superfici di scorrimento di forma circolare) vengono trascurate le forze di interstriscia pertanto le incognite si riducono a:

n valori delle forze normali N_i ;
 n valori delle forze da taglio T_i ;
 1 fattore di sicurezza.
 Incognite $(2n+1)$

Le equazioni a disposizione sono:

n equazioni di equilibrio alla traslazione verticale;
 n equazioni relative al criterio di rottura;
 1 equazione di equilibrio dei momenti globale.

$$F = \frac{\sum \{ c_i \times l_i + (W_i \times \cos \alpha_i - u_i \times l_i) \times \tan \varphi_i \}}{\sum W_i \times \sin \alpha_i}$$

Questa equazione è semplice da risolvere ma si è trovato che fornisce risultati conservativi (fattori di sicurezza bassi) soprattutto per superfici profonde.

Metodo di BISHOP (1955)

Con tale metodo non viene trascurato nessun contributo di forze agenti sui blocchi e fu il primo a descrivere i problemi legati ai metodi convenzionali.

Le equazioni usate per risolvere il problema sono:

$\Sigma F_v = 0$, $\Sigma M_0 = 0$, Criterio di rottura.

$$F = \frac{\Sigma \{ c_i \times b_i + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan \varphi_i \} \times \frac{\sec \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \times \tan \varphi_i / F}}{\Sigma W_i \times \sin \alpha_i}$$

I valori di F e di ΔX per ogni elemento che soddisfano questa equazione danno una soluzione rigorosa al problema. Come prima approssimazione conviene porre $\Delta X = 0$ ed iterare per il calcolo del fattore di sicurezza, tale procedimento è noto come metodo di **Bishop ordinario**, gli errori commessi rispetto al metodo completo sono di circa 1 %.

Metodo di JANBU (1967)

Janbu estese il metodo di *Bishop* a superfici di scorrimento di forma qualsiasi.

Quando vengono trattate superfici di scorrimento di forma qualsiasi il braccio delle forze cambia (nel caso delle superfici circolari resta costante e pari al raggio) a tal motivo risulta più conveniente valutare l'equazione del momento rispetto allo spigolo di ogni blocco.

$$F = \frac{\Sigma \{ c_i \times b_i + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan \varphi_i \} \times \frac{\sec^2 \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \times \tan \varphi_i / F}}{\Sigma W_i \times \tan \alpha_i}$$

Assumendo $\Delta X_i = 0$ si ottiene il metodo ordinario.

Janbu propose inoltre un metodo per la correzione del fattore di sicurezza ottenuto con il metodo ordinario secondo la seguente:

$$F_{\text{corretto}} = f_o F$$

dove f_o è riportato in grafici funzione di geometria e parametri geotecnici.

Tale correzione è molto attendibile per pendii poco inclinati.

Metodo di BELL (1968)

Le forze agenti sul corpo che scivola includono il peso effettivo del terreno, W , le forze sismiche pseudostatiche orizzontali e verticali $K_x W$ e $K_z W$, le forze orizzontali e verticali X e Z applicate esternamente al profilo del pendio, infine, la risultante degli sforzi totali normali e di taglio σ e τ agenti sulla superficie potenziale di scivolamento.

Lo sforzo totale normale può includere un eccesso di pressione dei pori u che deve essere specificata con l'introduzione dei parametri di forza efficace.

In pratica questo metodo può essere considerato come un'estensione del metodo del cerchio di attrito per sezioni omogenee precedentemente descritto da *Taylor*.

In accordo con la legge della resistenza di *Mohr-Coulomb* in termini di tensione efficace, la forza di taglio agente sulla base dell' i -esimo concio è data da:

$$T_i = \frac{c_i L_i + (N_i - u_{ci} L_i) \tan \phi_i}{F}$$

in cui

F = il fattore di sicurezza;

c_i = la coesione efficace (o totale) alla base dell'i-esimo concio;
 ϕ_i = l'angolo di attrito efficace (= 0 con la coesione totale) alla base dell'i-esimo concio;
 L_i = la lunghezza della base dell'i-esimo concio;
 u_{ci} = la pressione dei pori al centro della base dell'i-esimo concio.

L'equilibrio risulta uguagliando a zero la somma delle forze orizzontali, la somma delle forze verticali e la somma dei momenti rispetto all'origine.
 Viene adottata la seguente assunzione sulla variazione della tensione normale agente sulla potenziale superficie di scorrimento:

$$\sigma_{ci} = \left[C_1(1 - K_z) \frac{W_i \cos \alpha_i}{L_i} \right] + C_2 f(x_{ci}, y_{ci}, z_{ci})$$

in cui il primo termine dell'equazione include l'espressione:
 $W_i \cos \alpha_i / L_i$ = valore dello sforzo normale totale associato con il metodo ordinario dei conci.
 Il secondo termine dell'equazione include la funzione:

$$f = \sin 2\pi \left(\frac{x_n - x_{ci}}{x_n - x_0} \right)$$

Dove x_0 ed x_n sono rispettivamente le ascisse del primo e dell'ultimo punto della superficie di scorrimento, mentre x_{ci} rappresenta l'ascissa del punto medio della base del concio i-esimo.
 Una parte sensibile di riduzione del peso associata con una accelerazione verticale del terreno $K_z g$ può essere trasmessa direttamente alla base e ciò è incluso nel fattore $(1 - K_z)$.
 Lo sforzo normale totale alla base di un concio è dato da:

$$N_i = \sigma_{ci} L_i$$

La soluzione delle equazioni di equilibrio si ricava risolvendo un sistema lineare di tre equazioni ottenute moltiplicando le equazioni di equilibrio per il fattore di sicurezza F , sostituendo l'espressione di N_i e moltiplicando ciascun termine della coesione per un coefficiente arbitrario C_3 .
 Si assume una relazione di linearità tra detto coefficiente, determinabile tramite la regola di Cramer, ed il fattore di sicurezza F . Il corretto valore di F può essere ottenuto dalla formula di interpolazione lineare:

$$F = F(2) + \left(\frac{1 - C_3(2)}{C_3(2) - C_3(1)} \right) (F(2) - F(1))$$

dove i numeri in parentesi (1) e (2) indicano i valori iniziale e successivo dei parametri F e C_3 .
 Qualsiasi coppia di valori del fattore di sicurezza nell'intorno di una stima fisicamente ragionevole può essere usata per iniziare una soluzione iterativa.
 Il numero necessario di iterazioni dipende sia dalla stima iniziale sia dalla desiderata precisione della soluzione; normalmente, il processo converge rapidamente.

Metodo di SARMA (1973)

Il metodo di **Sarma** è un semplice, ma accurato metodo per l'analisi di stabilità dei pendii, che permette di determinare l'accelerazione sismica orizzontale richiesta affinché l'ammasso di terreno,

delimitato dalla superficie di scivolamento e dal profilo topografico, raggiunga lo stato di equilibrio limite (accelerazione critica Kc) e, nello stesso tempo, consente di ricavare l'usuale fattore di sicurezza ottenuto come per gli altri metodi più comuni della geotecnica.

Si tratta di un metodo basato sul principio dell'equilibrio limite e delle strisce, pertanto viene considerato l'equilibrio di una potenziale massa di terreno in scivolamento suddivisa in n strisce verticali di spessore sufficientemente piccolo da ritenere ammissibile l'assunzione che lo sforzo normale N_i agisce nel punto medio della base della striscia.

Le equazioni da prendere in considerazione sono:

L'equazione di equilibrio alla traslazione orizzontale del singolo concio;

L'equazione di equilibrio alla traslazione verticale del singolo concio;

L'equazione di equilibrio dei momenti.

Condizioni di equilibrio alla traslazione orizzontale e verticale:

$$N_i \cos \alpha_i + T_i \sin \alpha_i = W_i - \Delta X_i$$

$$T_i \cos \alpha_i - N_i \sin \alpha_i = KW_i + \Delta E_i$$

Viene, inoltre, assunto che in assenza di forze esterne sulla superficie libera dell'ammasso si ha:

$$\sum \Delta E_i = 0$$

$$\sum \Delta X_i = 0$$

dove E_i e X_i rappresentano, rispettivamente, le forze orizzontale e verticale sulla faccia i -esima del concio generico i .

L'equazione di equilibrio dei momenti viene scritta scegliendo come punto di riferimento il baricentro dell'intero ammasso; sicché, dopo aver eseguito una serie di posizioni e trasformazioni trigonometriche ed algebriche, nel metodo di **Sarma** la soluzione del problema passa attraverso la risoluzione di due equazioni:

$$* \sum \Delta X_i \cdot \operatorname{tg}(\psi'_i - \alpha_i) + \sum \Delta E_i = \sum \Delta_i - K \cdot \sum W_i$$

$$** \sum \Delta X_i \cdot [(y_{mi} - y_G) \cdot \operatorname{tg}(\psi'_i - \alpha'_i) + (x'_i - x_G)] = \sum W_i \cdot (x_{mi} - x_G) + \sum \Delta_i \cdot (y_{mi} - y_G)$$

Ma l'approccio risolutivo, in questo caso, è completamente capovolto: il problema infatti impone di trovare un valore di K (accelerazione sismica) corrispondente ad un determinato fattore di sicurezza; ed in particolare, trovare il valore dell'accelerazione K corrispondente al fattore di sicurezza $F = 1$, ossia l'*accelerazione critica*.

Si ha pertanto:

$K = Kc$ *accelerazione critica* se $F = 1$

$F = Fs$ *fattore di sicurezza in condizioni statiche* se $K = 0$

La seconda parte del problema del Metodo di Sarma è quella di trovare una distribuzione di forze interne X_i ed E_i tale da verificare l'equilibrio del concio e quello globale dell'intero ammasso, senza violazione del criterio di rottura.

E' stato trovato che una soluzione accettabile del problema si può ottenere assumendo la seguente distribuzione per le forze X_i :

$$\Delta X_i = \lambda \cdot \Delta Q_i = \lambda \cdot (Q_{i+1} - Q_i)$$

dove Q_i è una funzione nota, in cui vengono presi in considerazione i parametri geotecnici medi sulla i -esima faccia del concio i , e λ rappresenta un'incognita.

La soluzione completa del problema si ottiene pertanto, dopo alcune iterazioni, con i valori di K_c , λ e F , che permettono di ottenere anche la distribuzione delle forze di interstriscia.

Metodo di SPENCER

Il metodo è basato sull'assunzione:

Le forze d'interfaccia lungo le superfici di divisione dei singoli conci sono orientate parallelamente fra loro ed inclinate rispetto all'orizzontale di un angolo θ . tutti i momenti sono nulli $M_i = 0 \quad i=1 \dots n$

Sostanzialmente il metodo soddisfa tutte le equazioni della statica ed equivale al metodo di Morgenstern e Price quando la funzione $f(x) = 1$.

Imponendo l'equilibrio dei momenti rispetto al centro dell'arco descritto dalla superficie di scivolamento si ha:

$$\sum Q_i R \cos(\alpha - \theta) = 0$$

dove:

$$Q_i = \frac{\frac{c}{F_s} (W \cos \alpha - \gamma_w h l \sec \alpha) \frac{tg \alpha}{F_s} - W \sin \alpha}{\cos(\alpha - \theta) \left[\frac{F_s + tg \phi tg(\alpha - \theta)}{F_s} \right]}$$

forza d'interazione fra i conci;

R = raggio dell'arco di cerchio;

θ = angolo d'inclinazione della forza Q_i rispetto all'orizzontale.

Imponendo l'equilibrio delle forze orizzontali e verticali si ha rispettivamente:

$$\sum (Q_i \cos \theta) = 0 \quad \sum (Q_i \sin \theta) = 0$$

Con l'assunzione delle forze Q_i parallele fra loro, si può anche scrivere:

$$\sum Q_i = 0$$

Il metodo propone di calcolare due coefficienti di sicurezza: il primo (F_{SM}) ottenibile dalla 1), legato all'equilibrio dei momenti; il secondo (F_{SF}) dalla 2) legato all'equilibrio delle forze. In pratica si procede risolvendo la 1) e la 2) per un dato intervallo di valori dell'angolo θ , considerando come valore unico del coefficiente di sicurezza quello per cui si abbia $F_{SM} = F_{SF}$.

Metodo di MORGENSTERN e PRICE

Si stabilisce una relazione tra le componenti delle forze di interfaccia del tipo $X = \lambda f(x)E$, dove λ è un fattore di scala e $f(x)$, funzione della posizione di E e di X , definisce una relazione tra la variazione della forza X e della forza E all'interno della massa scivolante. La funzione $f(x)$ è scelta arbitrariamente (costante, sinusoidale, semisinusoidale, trapezia, spezzata...) e influenza poco il risultato, ma va verificato che i valori ricavati per le incognite siano fisicamente accettabili.

La particolarità del metodo è che la massa viene suddivisa in strisce infinitesime alle quali vengono imposte le equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale e verticale e di rottura sulla base delle strisce stesse. Si perviene ad una prima equazione differenziale che lega le forze d'interfaccia incognite E , X , il coefficiente di sicurezza F_s , il peso della striscia infinitesima dW e la risultante delle pressioni neutra alla base dU .

Si ottiene la cosiddetta "equazione delle forze":

$$c' \sec^2 \frac{\alpha}{F_s} + tg \phi' \left(\frac{dW}{dx} - \frac{dX}{dx} - tg \alpha \frac{dE}{dx} - \sec \alpha \frac{dU}{dx} \right) =$$
$$= \frac{dE}{dx} - tg \alpha \left(\frac{dX}{dx} - \frac{dW}{dx} \right)$$

Una seconda equazione, detta "equazione dei momenti", viene scritta imponendo la condizione di equilibrio alla rotazione rispetto alla mezzzeria della base:

$$X = \frac{d(E \cdot \gamma)}{dx} - \gamma \frac{dE}{dx}$$

queste due equazioni vengono estese per integrazione a tutta la massa interessata dallo scivolamento. Il metodo di calcolo soddisfa tutte le equazioni di equilibrio ed è applicabile a superfici di qualsiasi forma, ma implica necessariamente l'uso di un calcolatore.

VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Nelle verifiche agli Stati Limite Ultimi la stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica viene eseguita con il metodo pseudo-statico. Per i terreni che sotto l'azione di un carico ciclico possono sviluppare pressioni interstiziali elevate viene considerato un aumento in percento delle pressioni neutre che tiene conto di questo fattore di perdita di resistenza.

Ai fini della valutazione dell'azione sismica, nelle verifiche agli stati limite ultimi, vengono considerate le seguenti forze statiche equivalenti:

$$F_H = K_o \cdot W$$

$$F_V = K_v \cdot W$$

Essendo:

F_H e F_V rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio;

W: peso concio

K_O : Coefficiente sismico orizzontale

K_V : Coefficiente sismico verticale.

Calcolo coefficienti sismici

Le NTC 2008 calcolano i coefficienti K_O e K_V in dipendenza di vari fattori:

$$K_O = \beta_s \times (a_{\max}/g)$$

$$K_V = \pm 0,5 \times K_O$$

Con

β_s coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

a_{\max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g accelerazione di gravità.

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa sul sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$$a_{\max} = S_S S_T a_g$$

S_S (effetto di amplificazione stratigrafica): $0.90 \leq S_S \leq 1.80$; è funzione di F_0 (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E).

S_T (effetto di amplificazione topografica).

Il valore di S_T varia con il variare delle quattro categorie topografiche introdotte:

$$T1(S_T = 1.0) \quad T2(S_T = 1.20) \quad T3(S_T = 1.20) \quad T4(S_T = 1.40).$$

Questi valori sono calcolati come funzione del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno dell'evento sismico che è valutato come segue:

$$T_R = -V_R / \ln(1 - PVR)$$

Con V_R vita di riferimento della costruzione e PVR probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso V_R dovrà essere maggiore o uguale a 35 anni.

Ricerca della superficie di scorrimento critica

In presenza di mezzi omogenei non si hanno a disposizione metodi per individuare la superficie di scorrimento critica ed occorre esaminarne un numero elevato di potenziali superfici. Nel caso vengano ipotizzate superfici di forma circolare, la ricerca diventa più semplice, in quanto dopo aver posizionato una maglia dei centri costituita da m righe e n colonne saranno esaminate tutte le superfici aventi per centro il generico nodo della maglia $m \times n$ e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili.

Analisi di stabilità dei pendii con FELLENIUS

Normativa	NTC 2008
Numero di strati	4,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-26,16 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	34,72 m
Ascissa vertice destro superiore xs	33,19 m
Ordinata vertice destro superiore ys	108,36 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	30,0
Numero di celle lungo y	30,0

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	0,0
2	3,1	1,0
3	9,44	2,1
4	11,0	2,25
5	11,67	2,4
6	21,5	2,4
7	21,5	7,9
8	21,8	7,9
9	23,3	7,9
10	26,8	8,0
11	29,0	8,0
12	30,5	9,5
13	32,0	9,95
14	42,1	10,0
15	43,9	10,1
16	57,0	10,2
17	70,5	10,5
18	76,5	10,7
19	79,4	10,7
20	81,2	11,7
21	85,6	14,05
22	94,0	15,0
23	103,2	16,7

Falda

Nr.	X m	y m
1	0,0	-1,18
2	1,06	-1,07
3	18,39	0,74
4	22,36	1,46

5	29,22	6,15
6	44,02	7,23
7	56,65	7,23
8	77,23	7,6
9	85,89	10,48
10	94,56	13,01
11	99,97	13,01
12	103,2	13,01

Vertici strato1

N	X m	y m
1	0,0	-0,5
2	3,1	0,3
3	9,44	1,0
4	11,0	1,0
5	13,0	1,5
6	14,0	1,8
7	19,0	2,0
8	23,27	2,62
9	23,3	3,5
10	26,8	4,5
11	28,89	7,98
12	29,85	7,98
13	30,04	7,99
14	30,04	7,99
15	30,04	7,99
16	30,06	7,99
17	30,06	8,0
18	32,0	8,0
19	42,1	8,2
20	43,9	8,2
21	57,0	9,2
22	70,5	9,3
23	76,5	9,7
24	79,4	9,7
25	81,2	10,5
26	85,6	12,5
27	94,0	14,0
28	103,2	14,0

Vertici strato2

N	X m	y m
1	0,0	-2,43
2	16,47	-1,58
3	33,14	1,79
4	52,39	4,37
5	69,86	6,36
6	88,52	8,54
7	103,2	10,55

Vertici strato3

N	X m	y m
1	0,0	-6,15
2	15,08	-5,75
3	31,55	-3,96

4	44,26	-2,77
5	57,95	0,6
6	77,2	1,4
7	88,92	3,78
8	103,2	5,54

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,0
Coesione efficace	1,0
Coesione non drenata	1,0
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

Stratigrafia

c: coesione; cu: coesione non drenata; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kg/cm ²)	cu (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	K (Kg/cm ³)	Litologia
1		0.20	15	1800,00	2100,00	0,00	
2		0.4	20	1900	2200	0,00	
3		0.65	15	1900	2100	0,00	
4		0.85	25	2000	2200	0,00	

Muri di sostegno - Caratteristiche geometriche

N°	x m	y m	Base mensola a valle m	Base mensola a monte m	Altezza muro m	Spessore testa m	Spessore base m	Peso specifico (Kg/m ³)
1	84	10,6	1,4	1,3	3	0,3	0,4	2300
2	21,5	2,4	0,5	0,5	5,5	3	6	1800

Carichi concentrati

N°	x m	y m	Fx (Kg)	Fy (Kg)	M (Kgm)
1	23,13	8,26	2000	2000	0
2	26,4	8,26	2000	2000	0

Carichi distribuiti

N°	xi m	yi m	xf m	yf m	Carico esterno (kg/cm ²)
1	50	9	80	9,229007	1

Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato	0,26
Ascissa centro superficie	25,28 m
Ordinata centro superficie	108,36 m
Raggio superficie	100,43 m

Numero di superfici esaminate....(123)

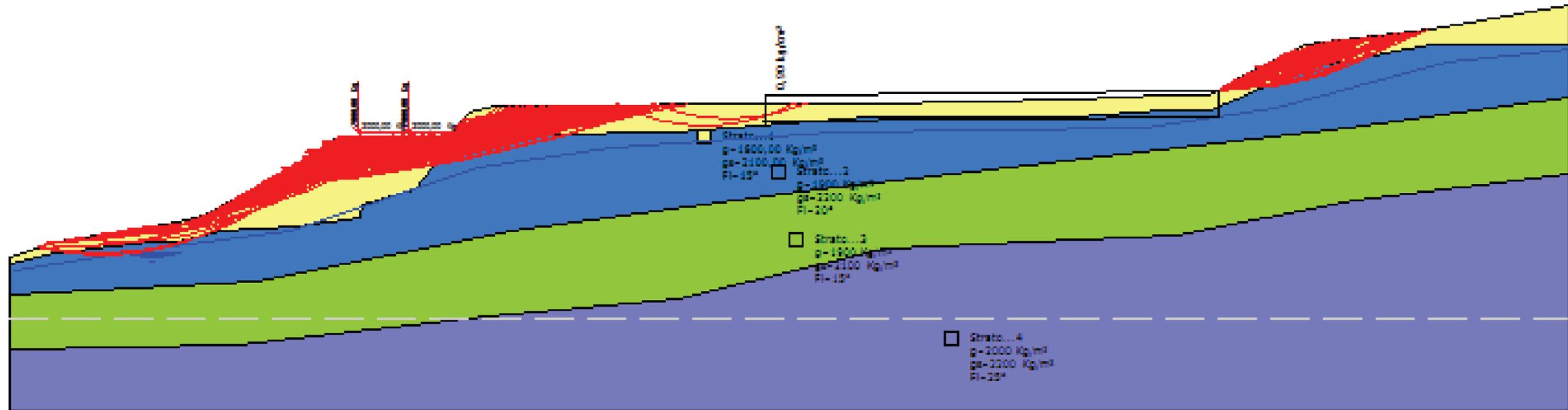
N°	Xo	Yo	Ro	Fs
1	4,5	35,9	34,3	1,69
2	5,5	34,7	33,3	1,89

3	15,4	34,7	34,8	2,78
4	16,4	35,9	36,1	2,57
5	18,4	35,9	36,3	2,97
6	21,3	34,7	34,9	3,05
7	22,3	35,9	36,0	3,38
8	23,3	34,7	35,0	3,30
9	29,2	34,7	26,2	1,62
10	30,2	35,9	27,3	1,98
11	31,2	34,7	27,0	2,43
12	32,2	35,9	28,1	2,83
13	33,2	34,7	27,8	2,60
14	5,5	37,2	35,5	1,86
15	6,5	38,4	36,6	2,14
16	17,4	37,2	37,4	2,85
17	18,4	38,4	38,5	3,09
18	19,3	37,2	37,3	3,18
19	20,3	38,4	38,3	3,41
20	22,3	38,4	38,2	3,70
21	24,3	38,4	30,4	0,94
22	31,2	37,2	28,5	2,48
23	32,2	38,4	29,6	3,18
24	33,2	37,2	29,3	3,35
25	7,5	39,6	37,7	2,55
26	21,3	39,6	39,3	3,71
27	25,3	39,6	31,6	1,07
28	26,3	40,9	32,7	1,22
29	28,2	40,9	33,3	1,46
30	30,2	40,9	33,9	1,92
31	33,2	39,6	30,7	4,24
32	9,4	42,1	40,1	3,88
33	18,4	43,3	42,7	3,64
34	19,3	42,1	41,7	3,45
35	26,3	43,3	34,4	1,40
36	27,3	42,1	33,9	1,41
37	28,2	43,3	35,0	1,62
38	29,2	42,1	34,5	1,60
39	30,2	43,3	35,6	1,82
40	31,2	42,1	35,1	2,23
41	32,2	43,3	36,2	2,52
42	33,2	42,1	35,7	2,69
43	19,3	44,5	43,9	3,65
44	27,3	44,5	35,6	1,64
45	28,2	45,8	36,7	1,94
46	29,2	44,5	36,2	1,89
47	30,2	45,8	37,3	2,22
48	31,2	44,5	36,8	2,63
49	32,2	45,8	37,9	3,05
50	33,2	44,5	37,4	2,68
51	29,2	47,0	37,9	2,34
52	30,2	48,2	39,0	2,88
53	31,2	47,0	38,5	2,64
54	32,2	48,2	39,6	3,18
55	33,2	47,0	39,1	3,53
56	31,2	49,4	40,2	3,62
57	32,2	50,7	41,4	4,73
58	33,2	49,4	40,8	3,85
59	33,2	51,9	42,5	6,41
60	20,3	55,6	47,7	0,99
61	21,3	56,8	48,7	1,09

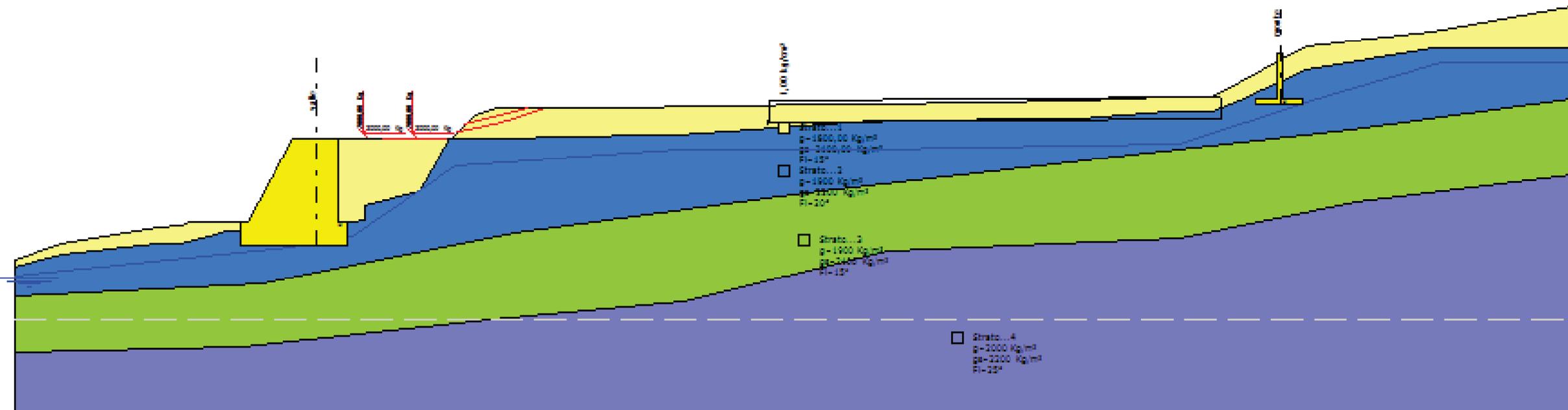
62	22,3	58,0	49,7	1,22
63	24,3	58,0	50,1	1,37
64	23,3	59,3	50,9	1,34
65	24,3	60,5	52,0	1,49
66	25,3	59,3	51,3	1,51
67	26,3	60,5	52,4	1,67
68	28,2	60,5	52,8	1,70
69	24,3	63,0	54,0	1,64
70	25,3	61,7	53,2	1,65
71	26,3	63,0	54,4	1,84
72	27,3	61,7	53,6	1,86
73	28,2	63,0	54,8	2,07
74	29,2	61,7	54,0	1,87
75	30,2	63,0	55,2	1,94
76	31,2	61,7	54,4	2,63
77	32,2	63,0	55,6	2,71
78	33,2	61,7	54,8	2,10
79	25,3	64,2	55,2	1,84
80	26,3	65,4	56,4	2,08
81	27,3	64,2	55,6	2,07
82	28,2	65,4	56,8	2,33
83	29,2	64,2	56,0	2,31
84	30,2	65,4	57,2	2,57
85	31,2	64,2	56,4	2,89
86	32,2	65,4	57,5	3,42
87	33,2	64,2	56,8	2,52
88	27,3	66,6	57,5	2,37
89	28,2	67,9	58,7	2,73
90	29,2	66,6	57,9	2,65
91	30,2	67,9	59,1	3,03
92	31,2	66,6	58,3	2,90
93	32,2	67,9	59,5	3,28
94	33,2	66,6	58,7	3,90
95	29,2	69,1	59,9	3,18
96	30,2	70,3	61,1	3,75
97	31,2	69,1	60,3	3,48
98	32,2	70,3	61,5	4,00
99	33,2	69,1	60,7	3,75
100	30,2	72,8	63,0	5,35
101	31,2	71,5	62,2	4,50
102	32,2	72,8	63,4	5,54
103	33,2	71,5	62,6	4,68
104	31,2	74,0	64,2	7,37
105	32,2	75,2	65,4	11,45
106	33,2	74,0	64,6	7,01
107	33,2	76,5	66,6	20,00
108	16,4	97,3	89,4	1,35
109	16,4	99,8	91,6	1,40
110	17,4	98,5	90,6	1,44
111	20,3	99,8	91,8	1,67
112	17,4	101,0	92,7	1,50
113	19,3	101,0	92,9	1,64
114	21,3	101,0	93,0	1,79
115	22,3	102,2	94,2	1,92
116	20,3	104,7	96,2	1,85
117	21,3	103,5	95,2	1,88
118	19,3	105,9	97,2	1,81
119	21,3	105,9	97,3	1,99
120	22,3	107,1	98,5	2,15

121	24,3	107,1	99,1	2,21
122	23,3	108,4	99,8	2,26
123	25,3	108,4	100,4	0,26

SEZIONI STABILITA' VERSANTE



STATO ATTUALE



STATO DI PROGETTO